

## EDADES K-Ar DE ROCAS VOLCANICAS CUATERNARIAS EN EL AREA DEL VOLCAN CALLAQUI, ANDES DEL SUR (38°S)

### K-Ar AGES OF QUATERNARY VOLCANIC ROCKS FROM THE CALLAQUI VOLCANO AREA, SOUTHERN ANDES, CHILE(38°S)

HUGO MORENO R.\*; ALFREDO LAHSEN A.\*; RICARDO THIELE C.\*; JUAN VARELA B.\* Y LEOPOLDO LOPEZ E.\*

\* *Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile.*

#### RESUMEN

Las efusiones del edificio volcánico Callaqui, se apoyan sobre cuatro secuencias volcánicas cuaternarias más antiguas ligadas a estratovolcanes erosionados (Pitril, Pachá, Pamehue y El Barco) y sobre rocas estratificadas y plutónicas terciarias. Tres muestras de las secuencias volcánicas de Pitril y Pachá revelaron edades comprendidas entre 1,2 millones y 300 mil años, es decir, Pleistoceno Inferior a Superior. Por otra parte, las edades de las lavas más antiguas del volcán Callaqui resultaron menores que 200 mil años.

Las estructuras volcánicas de más de 100 mil años presentan un estado de conservación muy deteriorado, como consecuencia de una intensa actividad erosiva glaciaria y fluvial que los ha afectado durante fines del Pleistoceno Superior.

#### ABSTRACT

Six rock samples from the Callaqui volcano area were dated by the K-Ar method. The volcano's lava flows rest upon four old volcanic Quaternary sequences (named Pitril, Pachá, Pamehue and El Barco), related to eroded stratovolcanoes, and upon Tertiary stratified and plutonic rocks. Three samples that belong to the base and roof of the Pitril volcanic sequence and to the lower section of the Pachá sequence, gave ages between 1,2 million and 300 thousand years, Lower to Upper Pleistocene. Two samples from the oldest unit of Callaqui volcano (Callaqui 1) range between 197 and 120 thousand years which means that the whole volcanic edifice is younger than 200 thousand years. One last sample belongs to Callaqui 2 unit and gave  $90 \pm 30$  thousand years.

At this latitude, the volcanic structures older than 100 thousand years, show a very deteriorated preservation state due to the intense glacial and fluvial erosive activity that affected them within the end of the Upper Pleistocene.

#### INTRODUCCION

A través de un estudio efectuado por el Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile para la ENDESA, se realizó un levantamiento geológico detallado (a escala 1:50.000) y un estudio de riesgo volcánico en el área del volcán Callaqui (Moreno et al., 1984). Como parte de estos estudios, se efectuaron 6 dataciones de rocas volcánicas cuaternarias mediante el método K-Ar. Esta nota científica tiene el propósito de dar a conocer los resultados de estas dataciones radiométricas, con algunos comentarios acerca de sus implicancias geológicas y geomorfológicas.

## RESEÑA GEOLOGICA DEL AREA

El volcán Callaqui se ubica en el curso superior del río Bío-Bío (Fig. 1) inmediatamente al este de su confluencia con el río Pangue ( $37^{\circ}55'S$  y  $71^{\circ}26'W$ ). Alcanza una altura aproximada de 3.100 m.s.n.m., alzándose en poco más de 1.000 m sobre el nivel medio de su basamento. Se trata de una estructura volcánica compuesta debido esencialmente a la característica morfológica mixta de su estructura principal: cono y fisura (Fig. 2).

El edificio volcánico ocupa una superficie aproximada de 550 km<sup>2</sup> y consiste en un cuerpo de base elipsoidal, en cuya parte superior, elongada en dirección NE-SW, se ubican, al menos, tres líneas de cráteres (de 100 a 600 m de diámetro).

El volcán se ha desarrollado a través del sistema fisural de dirección  $N50^{\circ} - 60^{\circ} E$ , a lo largo del cuál ha habido, durante el Pleistoceno Superior y el Reciente, sucesivas emisiones de lavas basálticas y andesíticas. Aunque sólo se tienen antecedentes vagos de su actividad ígnea en tiempos históricos, en la actualidad se observan dos áreas con fumarolas en gran actividad, en el flanco oriental y en el borde sur de la cima. En éste último lugar se desarrolla abundante depositación de azufre y emanaciones de gases sulfurosos (Fig. 2).

Aparte de los flujos que constituyen el cuerpo principal del complejo, una notable colada basáltica se extiende desde las cabeceras del río Quillaicahue, hasta la confluencia de éste con el río Ralco. Esta colada tiene su origen en un centro de emisión ubicado en el extremo nororiental del sistema fisural, sobre el cuál se edificó un cono de piroclásticos escoriáceos (volcán Quillaicahue).

De acuerdo con criterios morfoestructurales, es decir, disposición de los estratos, dirección de los flujos, relaciones estratigráficas, grado de erosión, etc. ha sido posible separar cuatro unidades principales dentro del edificio volcánico Callaqui, denominadas respectivamente Unidad Callaqui, 1, 2, 3 y 4 en orden decreciente de edad. Estudios anteriores (Barozzi, 1963; Marangunic y Moreno, 1981) mencionan la ocurrencia de dos estructuras volcánicas principales: un cono (estratovolcán) y un cordón fisural que, en conjunto, formaban la "Cordillera Blanca". Sin embargo, los estudios detallados realizados no permitieron separar las efusiones procedentes de ambas estructuras. El edificio volcánico es, en síntesis, una cúpula elongada formada por emisiones de lava y piroclásticos eruptados desde una fisura NE-SW de 11 km de longitud, que la surca en toda su extensión. Su forma se asemeja mucho al volcán Hekla en Islandia.

El volcán Callaqui se dispone en discordancia sobre secuencias volcánicas más antiguas, asignadas a la Formación Cola de Zorro por Niemeyer y Muñoz (1983) y sobre las formaciones terciarias Curamallín y Trapatrapa e intrusivos miocénicos.

Las secuencias volcánicas asignadas a la Formación Cola de Zorro (Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior), forman paquetes de rocas bien estratificadas de disposición subhorizontal y están constituidas por coladas de lavas, aglomerados y brechas; gran parte de éstos últimos de probable origen lahárico. La composición de estos materiales volcánicos es basáltica, andesítica-basáltica y andesítica. Según criterios geomorfológicos y estructurales, estas rocas estarían ligadas a cuatro centros volcánicos independientes. Esto permitió agruparlas en cuatro secuencias de características litológicas distintivas; éstas son las secuencias de Pitiril (Cordillera de Pitiril,  $37^{\circ}50'S - 71^{\circ}32'W$ ), con basaltos y andesitas de olivino; Pachá (Cordón de Pachá,  $37^{\circ}59'S - 71^{\circ}24'W$ ), formada por brechas, aglomerados, andesitas y basaltos; Pemehue (Cordillera de Pemehue,  $38^{\circ}00'W$ ) con andesitas y El Barco (Complejo volcánico Copahue,  $38^{\circ}53'S - 71^{\circ}15'W$ ) que comprende andesitas, basaltos, brechas y aglomerados (Fig. 2).



TABLA 1

DATOS ANALITICOS Y EDADES K-Ar DEL AREA DEL VOLCAN CALLAQUI

ANALYTICAL DATA AND K-Ar AGES FROM THE CALLAQUI VOLCANO AREA

Muestra Nº	Ubicación	o/o K	Roca	Ar rad <sup>40</sup> mo 1/gr x 10 <sup>-13</sup>	o/o Ar Atmosférico	Edad (miles de años)	Error (2 sigmas)
1	Secuencia volcánica del Cordón Pachá inferior, Estero la Mulla	1.427	Andesita	20.600	98.2	830	380
2	Secuencia volcánica del Cordón Pachá superior.	1.393	Andesita basáltica	9.081	94.4	380	50
3	Secuencia volcánica Pitiril, Estero Quillaillo.	1.136	Basalto de Olivino	15.830	77.9	800	50
4	Unidad volcánica Volcán Callaqui 1, nacientes río Quillaicahue.	1.141	Andesita basáltica	3.392	93.7	171	26
5	Unidad Volcánica Callaqui 1, Estero Epun.	1.25	Andesita basáltica	3.162	95.9	146	26
6	Unidad Volcánica Callaqui 2, Estero Chipaco.	0.944	Andesita basáltica	1.472	97.9	80	30

Fig. 2. Mapa geológico simplificado del área del volcán Callaqui mostrando sólo las rocas volcánicas cuaternarias (de Moreno, H. Thiele, R.; Lahsen, A. y Varela, J., 1984).

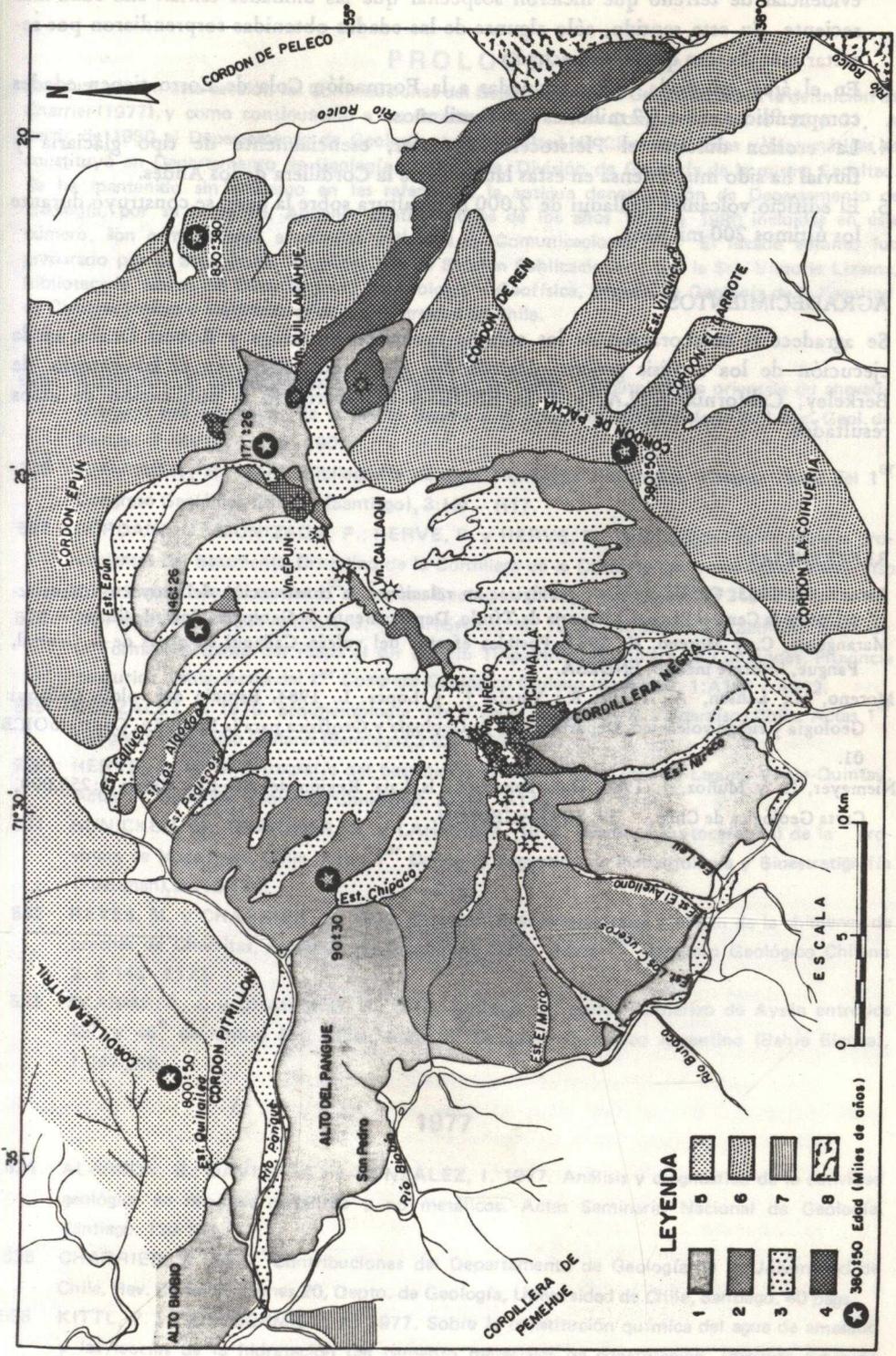
*Volcán Callaqui:* 1. Unidad Callaqui 1: brechas, aglomerados y lavas basálticas y andesítico basálticas; 2. Unidad Callaqui 2: brechas, aglomerados y lavas basálticas y andesítico-basálticas; 3. Unidad Callaqui 3: lavas y piroclásticos basálticos a andesíticos; 4. Unidad Callaqui 4: lavas y piroclásticos andesítico-basálticos.

*Secuencias volcánicas cuaternarias:* 5. Secuencia de Pitiril: lavas basálticas a andesíticas; 6. Secuencia de Pachá: lavas, brechas y aglomerados basálticos a andesíticos; 7. Secuencia de Pemehue: lavas andesíticas; 8. Secuencia de El Barco: brechas, aglomerados y lavas basálticas a andesíticas.

Fig. 2. Simplified geologic map of the Callaqui volcano area showing only the quaternary volcanic rocks (from Moreno, H.; Thiele, R.; Lahsen, A. and Varela, J., 1984).

*Callaqui volcano:* 1. Callaqui 1 Unit: basaltic and basaltic-andesitic breccias, agglomerates and lavas; 2. Callaqui 2 Unit: basaltic and basaltic-andesitic breccias, agglomerates and lavas; 3. Callaqui 3 Unit: basaltic to andesitic lavas and pyroclasts; 4. Callaqui Unit: basaltic-andesitic lavas and pyroclasts.

*Older Quaternary volcanic sequences:* 5. Pitiril sequence: basaltic to andesitic lavas; 6. Pachá sequence: basaltic to andesitic lavas, breccias and agglomerates; 7. Pemehue sequence: andesitic lavas; 8. El Barco sequence: basaltic to andesitic breccias, agglomerates and lavas.



Torres, España 199: 21-35.

evidencias de terreno que hicieron sospechar que las unidades tenían una edad más reciente. En este sentido, sólo algunas de las edades obtenidas sorprendieron por resultar más jóvenes que lo sospechado.

3. En el área estudiada, rocas asignadas a la Formación Cola de Zorro tienen edades comprendidas entre 1,2 millones y 300 mil años.
4. La erosión durante el Pleistoceno Superior, esencialmente de tipo glaciaria y fluvial ha sido muy intensa en estas latitudes de la Cordillera de los Andes.
5. El edificio volcánico Callaqui de 2.000 m de altura sobre la base, se construyó durante los últimos 200 mil años.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de los colegas Francisco Munizaga y Robert Drake, en la ejecución de los análisis geocronológicos por el método K-Ar, en el laboratorio de Berkeley, California, E.U.A. y a la ENDESA que permitió la publicación de estos resultados.

#### REFERENCIAS

- Barozzi, R. 1963. Consideraciones geológicas en relación a la construcción del proyecto hidroeléctrico de la Central Pangué. Memoria de Título, Departamento de Geología, Univ. de Chile.
- Marangunic, C. y Moreno, H. 1981. Posibles efectos del volcán Callaqui en obras de la Central, Pangué, Informe inédito, ENDESA.
- Moreno, H.; Lahsen, A.; Thiele, R.; Varela, J. y López, L. 1984. Estudio del volcán Callaqui: Geología y riesgo volcánico, Departamento de Geología y Geofísica para la ENDESA, Contrato OICB 01.
- Niemeyer, H. y Muñoz, J. 1983. Hoja Laguna de la Laja, Región del Bío-Bío, Escala 1:250.000, Carta Geológica de Chile, 57, SERNAGEOMIN.

**PROLOGO**

Se enumeran en esta sección las Contribuciones del Departamento de Geología, según la definición de Charrier (1977), y como continuación a los listados aparecidos en Comunicaciones N<sup>o</sup> 20 y 31. A partir de 1980 el Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas se constituyó en Departamento de Geología y Geofísica, División de Geología de la misma Facultad. Se ha mantenido sin embargo en las referencias la antigua denominación de Departamento de Geología, por su brevedad. Aquellas contribuciones de los años 1976 a 1980 incluidas en este número, son complemento a aquellas indicadas en Comunicaciones 31. El listado adjunto fue preparado por la Srta. Isabel Pilonitis, Jefa de Sección Publicaciones y por la Sra. Victoria Lizama, Bibliotecaria, ambas del Departamento de Geología y Geofísica, División de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

**1976**

- 525 AUBOUIN, J; CHOROWICKZ, J. y THIELE, R., 1976. La terminaison orientale du chevauchement sud provençal: de la Sainte Baume a la Loube et au Candelon. Bull. Soc. Geol. de France, 7, XVIII, 1:179 - 190.
- 526 CHARRIER, R., 1976. Bibliografía de Don Humberto Fuenzalida Villegas: Actas del 1<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Santiago), 3: H9 - H17.
- 527 CORDANI, U.; MUNIZAGA, F.; HERVE, F. y HERVE, M. 1976. Edades radiométricas provenientes del Basamento Cristalino de la Cordillera de la Costa de las Provincias de Valparaíso y Santiago, Chile. Actas del 1<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Santiago), 2: F213-F221.
- 528 COVACEVICH, V.; VARELA, J. y VERGARA, M. 1976. Estratigrafía y Sedimentación de la Formación Baños del Flaco al sur del río Tinguiririca, Cordillera de Los Andes, Provincia de Curicó, Chile. Actas del 1<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Santiago), 1: A191 - A212.
- 529 GONZALEZ, I. 1976. Sedimentología litoral de la provincia de Valparaíso, Chile. Actas 1<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Santiago), 2: E217 - E241.
- 530 HERVE, F. 1976. Petrografía del basamento cristalino en el área de Laguna Verde-Quintay. Actas 1<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, 2: F-125 - F143.
- 531 HUNICKEN, M.; CHARRIER, R. y LAHSEN, A. 1976. Baculites (Lytocerotina) de la provincia de Magallanes, Chile. Actas 1<sup>er</sup> Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Tucumán), 2: 116-139.
- 532 REYES, M. y CHARRIER, R. 1976. Características estructurales y origen de la chimenea de brechas de Chacritas, Provincia de Coquimbo, Chile. Actas 1<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno 2: E-145 - E173.
- 533 SKARMETA, J. y CHARRIER, R. 1976. Geología del sector fronterizo de Aysén entre los 45<sup>o</sup> y 46<sup>o</sup> de latitud Sur, Chile. Actas 6<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino (Bahía Blanca), 1: 267-286.

**1977**

- 534 ALARCON, B.; DAVILA, A.; y GONZALEZ, I. 1977. Análisis y diagnóstico de la actividad geológica en recursos metálicos y no metálicos. Actas Seminario Nacional de Geología. Santiago, 120-132.
- 535 CHARRIER, R. 1977. Contribuciones del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, Rev. Comunicaciones 20, Depto. de Geología, Universidad de Chile, Santiago. 40 págs.
- 536 KITTL, P. y GOLDSCHMIDT, A. 1977. Sobre la constitución química del agua de amasado y las teorías de la hidratación del cemento materiales de construcción. Instituto Eduardo Torroja, España, 168: 21-25.

## 1978

- 537 CHARRIER, R.; LINARES, E.; NIEMEYER, H. y SKARMETA, J. 1978. Edades Potasio-Argón de vulcanitas mesozoicas y cenozoicas del sector chileno de meseta Buenos Aires, Aysén, Chile y su significado geológico. Actas 7<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino, Neuquén, Argentina, 2: 23 — 42.
- 538 GODOY, P.B. ESTANISLAO. 1978. Observaciones en el complejo ofiolítico de Isla Milne Edwards, Cerro Tortuga (Isla Navarino), Magallanes, Chile. Actas 7<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino, Neuquén, Argentina, 2:625—638.
- 539 THIELE, R.; CASTILLO, J.C.; ROMERO, G. y ULLOA, M. 1978. Geología del sector fronterizo de Chiloé continental entre los 43°00' - 43°45' Latitud Sur, Actas 7<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino, Neuquén, 1:577-591.

## 1979

- 540 CECIONI, G. 1979. Egidio Feruglio, estrátgrafo de la Patagonia. Rev. Asoc. Geológica Argentina, 34, 2:156-161.
- 541 GODOY, P.B. 1979. Las ofiolitas magallánicas: Evidencias geológicas de una prolongación ensiática de una rama abandonada de la dorsal atlántica. Actas 2<sup>o</sup> Congreso Geológico Chileno (Arica), 1: B163—B166.
- 542 DAVILA, A.; HERVE, F. y MUNIZAGA, F. 1979. Edades K-Ar en granitoides de la Cordillera de la Costa de la Provincia Colchagua, VI Región, Chile Central. Actas 2<sup>o</sup> Congreso Chileno (Arica), 1: F107 -F120.
- 543 LOPEZ-ESCOBAR, L.; FREY, F. y OYARZUN, J. 1979. Geochemical Characterictis of central Chile (33° - 34°S) granitoids. Contrib. to Min. and Petr., 70: 439-450.
- 544 MUNDACA, P.; PADILLA, H.; CHARRIER, R. 1979. Geología del área comprendida entre Quabrada Angostura, Cerro Talinaí y Punta Claditas, Provincia de Choapa, IV Región, Chile. Actas 2<sup>o</sup> Congreso Geológico Chileno,(Arica), 1: A121 - A161.
- 545 SILVA, L.I.; ROJO, M.; HERVE, F. y VERGARA, M. 1979. Observaciones geológicas en Isla San Félix, Región de Atacama Chile, Actas 2<sup>o</sup> Congreso Geológico Chileno (Arica) 1: A163 - A180.

## 1980

- 546 CHARRIER, R. y COVACEVICH, V. 1980. Paleogeografía y bloestratigrafía del Jurásico superior y neocomiano en el sector austral de los Andes meridionales chilenos (42° - 45° latitud sur). Actas 2<sup>o</sup> Congreso Argentino de Paleontología y Bloestratigrafía y 1<sup>er</sup> Congreso Latinoamericano de Paleontología (Buenos Aires, Abril, 1978),5: 153-175.
- 547 GOLDSCHMIDT, A. y KITTL, P. 1980. Estudio sobre a morfología do producto da evaporacao da fase líquida de una pasta de cemento Portland. Cerámica, 26: 1-4, Río de Janeiro.
- 548 GOLDSCHMIDT, A. 1980. Sobre el mecanismo de hidratación del C<sub>3</sub>S. Rev. Materiales de Construcción, España, 178: 5-16.
- 549 MORENO, H. 1980. Características petrológicas del Volcanismo Cenozoico Superior en los Andes del Sur de Chile (39°00' y 41°30 S), Actas VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca, Argentina, 2:131—142.
- 550 TAVERA, J. 1980. Cretáceo y Terciario de la localidad del Algarrobo. Publicación ocasional del Departamento de Geología.
- 551 THIELE, R.; BOBENRIETH, L. y BORIC, R. 1980. Geología de los cerros Renca, Ruiz y Colorado (Santiago): Contribución a la estratigrafía de Chile Central. Rev. Comunicaciones 30:1—14, Santiago.

- 552 ASKIN, R.A.; CHARRIER, R.; HERVE, F.; THIELE, R. y FRUTOS, J. 1981. Palynological investigations of Paleozoic and Lower Mesozoic sedimentary rocks of Central Chile. *Rev. Comunicaciones*, N<sup>o</sup> 32: 10-25.
- 553 CECIONI, G. 1981. Carboniferous or Triassic diamictites in Aconcagua province, coastal Central Chile. En: Hambrey, M.J. y Harland, W.B. *Earth's pre-pleistocene glacial record*, Sec. G 11, p. 858.
554. CECIONI, G. 1981. Cretaceous Lago Sofia formation, Chilean Patagonia. En: Hambrey, M.J. y Harland, W.B. *Earth's pre-pleistocene glacial record*. Sec. G 3, p. 834.
- 555 CECIONI, G. 1981. Jurassic Flamenco and Seno Rodríguez formations of Southern Chile. En: Hambrey, M.J. y Harland, W.B. *Earth's pre-pleistocene glacial record*. Sec. G 4, p. 835.
- 556 CECIONI, G. 1981. Late Paleozoic diamictites of río Choapa, Coastal Central Chile. En: Hambrey, M.J. y Harland, W.B. *Earth's pre-pleistocene glacial record*. Sec. G 10, p. 857.
- 557 CECIONI, G. 1981. Late Paleozoic Isla Guarello Formation, west coastal of southern Chile. En: Hambrey, M.J. y Harland, W.B. *Earth's pre-pleistocene glacial record*. Sec. G 11, p. 882.
- 558 CECIONI, G. 1981. Observaciones geomorfológicas y económicas en Ultima Esperanza, Chile. *Informaciones Geográficas, Chile*, 28: 125 - 137.
- 559 CECIONI, G. 1981. Paleozoic varve-like sediments in Patagonian Archipiélago, Chile. En: Hambrey M.J. y Harland, W.B. *Earth's pre-pleistocene glacial record*. Sec G25, p. 912.
- 560 CECIONI, G. 1981. Triassic-El Toco Group-Atacama Desert, Chile. En: Hambrey, M.J. and Harland, W.B. *Earth's pre-pleistocene glacial record*. Sec. G5, p. 837.
- 561 CHARRIER, R. 1981. Mesozoic and Cenozoic stratigraphy of the Central Argentinian-Chilean Andes (32° - 36°S) and chronology of their tectonic evolution. *Zentralblatt Geol. Palaont.*, B. 61 N<sup>o</sup> 3/4: 344 - 336.
- 562 GODOY, E. 1981. Sobre la discordancia intrasenoniana y el origen de los depósitos de Caolín de Montenegro. Región Metropolitana, Chile. *Actas VIII Congreso Geológico Argentino*, p. 733-741.
- 563 GODOY, E.; DOBBS, M. y STERN, CH. 1981. El volcán Hudson, primeros datos químicos e isotópicos en coladas. *Rev. Comunicaciones* 32: 1-9.
- 564 GOLDSCHMIDT, A y CAMARGO, R. 1981. Estudio de un cemento de las ruinas de Teotihuacán. *Materiales de Construcción*, 182: 5 - 9, España.
- 565 GOLDSCHMIDT, A. y MARANGUNIC, C. 1981. Estudio morfológico de micropartículas de nieve de la Península Antártica. *INACH, Serie Científica N<sup>o</sup> 27: 63 - 69.*
- 566 GONZALEZ, I. y VARELA, H. 1981. Determinación de resistencia y resistividad en microcristales, maclas y agregados cristalinos. *Actas Resumen VII Congreso Iberoamericano de Cristalografía*, 93, Portugal.
- 567 GONZALEZ, I. y OLAVARRIA, J.C. 1981. Instrumento múltiple para identificación de gemas *Actas Resumen VI Congreso Iberoamericano de Cristalografía*, 55, Portugal.
- 568 GONZALEZ, I. 1981. Mineralogía de troncos fósiles de las áreas fosilíferas de Pichasca, El Espino y Taguaco, Chile. *II Congreso Latinoamericano de Paleontología*, 2: 429-448, Brasil.
- 569 HERVE, F.; NELSON, E.; KAWASHITA, K. y SUAREZ, M. 1981. New isotopic ages and the timing of orogenic events in the Cordillera Darwin, southernmost Chilean Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, 55: 257 - 265.
- 570 HERVE, F.; MPODOZIS, C.; DAVIDSON, J. y GODOY, E. 1981. Observaciones estructurales y petrográficas en el basamento metamórfico del Archipiélago de los Chonos entre el canal King y el canal Ninualac, Aisén. *Rev. Geol. Chile N<sup>o</sup> 13 - 14: 3 - 16.*
- 571 LAHSEN, A. 1981. Características geoquímicas y condiciones de generación de un sistema geotermal en el yacimiento Río Blanco. *Rev. Comunicaciones N<sup>o</sup> 31: 1 - 31* Depto. de Geología Universidad de Chile.

- 572 LOPEZ-E, L. y MORENO, H. 1981. Erupción de 1979 del volcán Mirador, Andes del Sur (40°21' S), características geoquímicas de las lavas y xenolitos graníticos. *Rev. Geologica de Chile*, N° 13: 17-23
- 573 LOPEZ-E, L.; VERGARA, M. y FREY, F. 1981. Petrology and geochemistry of lavas from Antuco Volcano, a basaltic volcano of Southern Andes (37°25'). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 11: 329 - 352.
- 574 MARTINEZ, R. 1981. An unknown Upper Miocene-Lower Pliocene regional hiatus along the marginal northeast Pacific. *Proy. PICG 114, Int. Workshop, Pacific Neogene Biostratigr., Osaka, Japón 25 - 29 Nov.*, 124 - 126.
- 575 PACCI, D.; HERVE, F.; MUNIZAGA, F. y KAWASHITA, K. 1981. Edades radioisotópicas paleogenas del granito de Tawaikofuño, Altiplano de Arica. *Rev. Comunicaciones* N° 31: 14 - 22 Depto. de Geología, Universidad de Chile.
- 576 PARADA, M.A.; MUNIZAGA, F. y KAWASHITA, K. 1981. Antecedentes cronológicos del Batolito de los ríos Elqui-Limarí. *Rev. Geol. Chile* N° 13-14: 87-93.
- 577 PARADA, M.A. 1981. Lower triassic alkaline granites of Central Chile (30°S) in the high Andean Cordillera. *Geologische Rundschau*, Band 70, Heft 3, p. 1043 - 1053.
- 578 SIEGEL, E.; GOLDSCHMIDT, A.; SOTO, M.A. y GONZALEZ, C. 1981. Sobre el contenido de Cadmio en las blendas. *Rev. Minera, Geología y Mineralogía*, 37. N° 3/4: 17 - 20.
- 579 TAVERA, J. 1981. *Ichtyosaurus* de la formación Lautaro en el área de Manflas, región de Atacama. *Rev. Comunicaciones*, 33: 1-16, Depto. de Geología, U. de Chile, Santiago.
- 580 THIELE, R. y MOREL, R. 1981. Tectónica triásica-jurásica en la Cordillera de la Costa, al norte y sur del río Mataquito (34°45' - 36°15' Lat. Sur) Chile. *Rev. Geol. Chile*, N° 13 - 14: 49 - 61.
- 581 TORRES, T.; VALENZUELA, E. y GONZALEZ, I. 1981. Troncos fósiles de Ancud, Chiloé Insular, Chile. *Actas II Congreso Latinoamericano de Paleontología*, 2: 449-460, Porto Alegre, Brasil.
- 582 VALENZUELA, E. y MUNIZAGA, F. 1981. Petrografía de las rocas plutónicas de isla Doumer, Archipiélago Palmer, Antártica, INACH. *Serie Científica*. N° 27: 39-51, Santiago.

## 1982

- 583 CAMINOS, R.; CINGOLANI, C.A.; HERVE, F. and LINARES, E. 1982. Geochronology of the pre-Andean metamorphism and magmatism in the Andean Cordillera between latitudes 30° and 36°S. *Earth Science Reviews*, 18, N° 3/4, 333-352.
- 584 CECIONI, G. 1982. El fenómeno cárstico en Chile. *Informaciones Geográficas*. Chile, 29; 57-79.
- 585 CORVALAN, J. 1982. El límite triásico-jurásico en la Cordillera de la Costa de las provincias de Curicó y Talca. *Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción)* 3: F63 - F85.
- 586 CHARRIER, R. 1982. Antecedentes geológicos, paleomagnéticos y paleoclimáticos en relación con una glaciación Gondwánica en Chile Central: *Actas 5<sup>o</sup> Congreso Latinoamericano de Geología*, 2: 441-456, Buenos Aires.
- 587 CHARRIER, R. 1982. La formación Leñas-Espinoza; redefinición, petrografía y ambiente de sedimentación: *Rev. Geol. Chile*, n° 17: 71-82.
- 588 DRAKE, R.E.; CHARRIER, R.; THIELE, R.; MUNIZAGA, F.; PADILLA, F. y VERGARA, M. 1982. Distribución y edades K/Ar de volcanitas postneocomianas en la Cordillera Principal entre 32° y 36° L.S. implicaciones estratigráficas y tectónicas para el Meso-Cenozoico de Chile Central. *Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción)* 2: D41 - D78.
- 589 DRAKE, R.; VERGARA, M.; MUNIZAGA, F. y VICENTE, J.C. 1982. Geochronology of Mesozoic-cenozoic magmatism in Central Chile, Lat. 31° - 36°S. *Earth Science Reviews*, 18, N° 3/4: 353 - 393.

- 590 GAJARDO, A. 1982. Geología, distribución y aplicaciones tecnológicas de recursos no metálicos mesozoico-cenozoico entre los 33°00' y 35°00' Chile Central. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Concepción) 2: E258 - E286.
- 591 GERLACH, D.; HICKEY, R.; FREY, F.; MORENO, H.; MUNIZAGA, F. y LOPEZ, L. 1982. Petrologic and geochemical variations in volcanic centers of Central South Chile (33° - 44°S). Abstracts. Am. Geophys Meet.
- 592 GODOY, E. 1982. Geología del área Montenegro-Cuesta de Chacabuco, región metropolitana: el problema de la Formación Lo Valle. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Concepción), 1: A124 - A146.
- 593 GODOY, E. y TORRES, T. 1982. Hallazgo de Palmoxylon Chilensis, n.sp. del Cretácico superior en Huechún, Región Metropolitana. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Concepción) 1: A302 - A320.
- 594 GODOY, E. y PADILLA, H. 1982. Reconocimiento geológico y consideraciones sobre stoping en plutones de Punta Tisne y cabo Kater Península Antártica, Chile. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 2: D79 - D92.
- 595 GOLDSCHMIDT, A. 1982. About the hidratation theory and the composition of the liquid phase of Portland cement. Cement and Concrete Research, 12: 743 - 746.
- 596 HERVE, F. 1982. Condiciones de formación de complejos metamórficos chilenos a partir de la química de Anfíbolos en metabasitas. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 2: D93 - D 115.
- 597 HERVE, F.; KAWASHITA, K.; MUNIZAGA, F. y BASSEI, M. 1982. Edades Rb-Sr de los cinturones metamórficos pareados de Chile Central. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 2: D116 - D135.
- 598 HICKEY, R.; FREY, F.; LOPEZ, L.; MUNIZAGA, F. 1982. Nd and Sr isotopic data bearing on the origin of Andean volcanoes from Central Chile. Abstract Geol. Soc. Am. Meet 14:514.
- 599 KITTL, P. y GOLDSCHMIDT, A. 1982. Caracterizacáo das cinzas de Eucaliptus e Baza-co da Cana de azucar. Cerámica, 28: 51-55.
- 600 LAHSEN, A. 1982. Evolución tectónica, sollevamiento y actividad volcánica de los Andes del Norte de Chile durante el cenozoico superior. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 1: B1-B27.
- 601 LAHSEN, A. 1982. Upper cenozoic volcanism and tectonism in the Andes of Northern Chile. Earth Science Reviews, 18, N° 3/4: 285-302.
- 602 LINARES, E.; CORDANI, U.G. y MUNIZAGA, F. 1982. Magmatic evolution of the Andes: An introduction. Earth Science Reviews, 18, N° 3/4: 199 - 203.
- 603 LOPEZ-E, L. 1982. Características geoquímicas de rocas ígneas asociadas con pórfidos cupríferos chilenos. Rev. Geol. Chile, 17: 3-19.
- 604 LOPEZ-E, L. y VERGARA, M. 1982. Geoquímica y petrogénesis de rocas granodioríticas asociadas con el yacimiento cuprífero río Blanco Los Bronces. Rev. Geol. Chile, 15: 59-70.
- 605 LOPEZ-E, L. 1982. Consideraciones geoquímicas y petrogenéticas relativas al complejo volcánico Los Nevados de Chillán. Resúmenes, 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno (Concepción), p. 48
- 606 MORENO, H. y VARELA, J. 1982. Los depósitos de relleno de la depresión longitudinal de Chile entre los ríos Bío-Bío y Toltén-Allipén. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 3: 203 - 222.
- 607 MORENO, H. y VARELA, J. 1982. Geología y geomorfología de la Depresión Longitudinal de Chile, Hoja 1:250.000: Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt. In Suelos Volcánicos de Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Edición INIA 1985, Cap. 6: 491-526. 8 cartas.

- 608 MORENO, H. 1982. Geología y Geomorfología de depósitos volcánicos, Primer encuentro de especialistas en suelos volcánicos, Fac. Cs. Agr. y Vet., Universidad de Chile e INIA.
- 609 NASI, C. y THIELE, R. 1982. Estratigrafía del Jurásico y Cretácico de la Cordillera de la Costa al sur del río Maipo entre Melipilla Laguna de Aculeo (Chile Central). Rev. Geol. Chile, 16:81-99 .
- 610 MUNIZAGA, F. y VICENTE, J.C. 1982. Acerca de la zonación plutónica y del volcanismo miocénico en los Andes de Aconcagua (Lat. 32° - 33°S): datos radiométricos K-Ar. Rev. Geol. Chile, 16: 3-21.
- 611 OSORIO, R.; CISTERNAS, M.E. y DIAZ, L. 1982. Nuevos antecedentes para la datación de la formación Lonquimay. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 3: F389 - F395.
- 612 PARADA, M.A. 1982. Composición química de muscovitas del Plutón Hacienda Vieja en la Alta Cordillera del río Elqui y sus implicancias petrogenéticas. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 3: 223 - 235.
- 613 PEEBLES, F. 1982. Geología y distribución de la mineralización en el distrito cuprífero Algodones, IV Región Actas. 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 2: E364 - E374.
- 614 PEEBLES, F. y RUIZ, C. 1982. Marco geológico y génesis probable de los yacimientos metalíferos de la región del Lago General Carrera. Minerales, 37, N° 160:37-46.
- 615 PINCHEIRA, M. y THIELE, R. 1982. El Neocomiano de la cordillera de la costa al NW de Vallenar (28°15' a 28°30' L.S.): situación tectónica del borde occidental de la cuenca marina neocomiana tras-arco. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 1: A236-A261.
- 616 TAVERA, J.J. 1982. Contribución al conocimiento del cuaternario chileno. A. El Cuaternario Inferior (Pleistoceno Formación Los Alamos) en la región de Arauco-Chile. (Lat. 37° Provincia de Arauco.). B. Un alcance biocronológico a las capas de Trinil (Estratos de Kendeng, Java). Noticia sobre la presencia de Graptoloídeos en rocas del basamento cristalino (Formación Lumaco, Lat. 38°S). Publicación ocasional, Departamento de Geología, U. de Chile, 16 p.
- 617 TAVERA, J. 1982. Sobre un material de Ichtyosaurus procedente de Chile Norte, provincia de Copiapó (Lat. 28°71') Publicación ocasional Depto. de Geología, U. de Chile, 15 p.
- 618 THIELE, R.; NASI, C. 1982. Evolución tectónica de Los Andes a la latitud 33° a 34° Sur (Chile Central) durante el Mesozoico-Cenozoico. Actas 5° Congreso Latinoamericano de Geología, 3: 403 - 426, Buenos Aires.
- 619 TORRES, T.; VALENZUELA, E. y GONZALEZ, I. 1982. Paleoxilología de Península Byers-Isla Livingston Antártica. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 1: A321-A342.
- 620 VALENZUELA, E. 1982. Estratigrafía de la boca occidental del Canal de Chacao, X Región, Chile Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 1: 343-376.
- 621 VALENZUELA, E. y VERGARA, H. 1982. Morfología submarina del Guyot O'Higgins, extremo oriental del cordón asísmico Juan Fernández. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 1: C132 - C145.
- 622 VALENZUELA, E. 1982. Sedimentología aplicada a los bancos de almejas de Bahía Ancud, X Región, Chile. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 1: C69 - C88.
- 623 VALENZUELA, E. 1982. Sedimentología aplicada a la evaluación de banco de ostiones en Bahía Tongoy y Guanaqueros. IV Región . Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 1: C89 - C113.
- 624 VARELA, J. y MORENO, H. 1982. Los depósitos de relleno de la depresión Central de Chile entre los ríos Lontué y Bfo - Bfo. Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 3: F280-F306.

- 625 VARELA, J. y MORENO, H. 1982. Geología y geomorfología de la Depresión Longitudinal de Chile, Hoja 1:250.000; Rancagua-Curico, Talca-Linares, Concepción-Chillán, Los Angeles Angol. In Suelos Volcánicos de Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Edición INIA, 1985. Cap. 6: 491 - 526, 8 cartas.
- 626 VERGARA, M. y LOPEZ-E, L. 1982. El volcanismo mioceno y plioceno entre los 36° y 40° L.S. de los Andes Chilenos: comentario y revisión. Actas V Congreso Geológico Argentino (Buenos Aires), 3: 513 - 521.
- 627 VERGARA, M. y MUÑOZ, J. 1982. La formación Cola de Zorro en la Alta Cordillera Andina Chilena (38° - 39° Lat. S) sus características petrográficas y petrológicas: una revisión Rev. Geol. Chile, 17: 31 - 46.
- 628 VERGARA, M. 1982. Andesitas subvolcánicas miocénicas del área entre los Angeles y Temuco: su petrografía y mineralogía., Actas 3<sup>er</sup> Congreso Geológico Chileno, (Concepción), 2: D202 D 233.

### 1983

- 629 CECIONI, G. 1983. Chanco Formation, a potential cretaceous reservoir, Central Chile. Journal of Petroleum Geology, 6, N° 1, 89 - 94.
- 630 CECIONI, G. 1983. Expansion Craks and geotumours in Chilean Andes. In Carey S.W., Ed., Expanding Earth symposium, Tasmania, 259-262.
- 631 CECIONI, G. y SUAREZ SORUCO, R. 1983. La formación Gualchagua superior (silúrico medio) en el norte de Chile. Boletín Yac. Petrolífero Fiscales, Bolivia. (1<sup>er</sup> Congreso Internacional sobre Silúrico).
- 632 CHARRIER, R. 1983. Comentario bibliográfico sobre Actas del 7° Coloquio sobre Geociencias de América Latina, Heidelberg, Rev. Geol. Chile, 18: 87 - 88
- 633 GANA, P. y HERVE, F. 1983. Geología del basamento cristalino en la Cordillera de la Costa, entre los ríos Mataquito y Maule, VII Región. Rev. Geol. Chile, 19-20:37-56.
- 634 GONZALEZ, I. 1983. Determinación de Platas Rojas de Chañarcillo, Chile VIII Congreso Iberoamericano de Cristalografía, Buenos Aires - La Plata, Resumen, E-5.
- 635 GONZALEZ, I. 1983. Minerales cristalizados en coníferas fósiles de la Isla Rey Jorge, Isla Shetland del Sur. VIII Congreso Iberoamericano de Cristalografía, Buenos Aires - La Plata. Resumen, E2.
- 636 GONZALEZ, I. 1983. Estudio de rubíes naturales y sintéticos. VIII Congreso Iberoamericano de Cristalografía, Buenos Aires - La Plata. Resumen E 4.
- 637 HERVE, F.; PANKHURT, R.; DAVIDSON, J. y MPODOZIS, C. 1983. El Complejo metamórfico de Scotia en Cabo Bowles, Isla Clarence, Shetland del Sur, Antártica. Serie Científica INACH, 30: 49 - 59, Santiago.
- 638 HERVE, F.; GODOY, E. y DAVIDSON, J. 1983. Blueschist Relic clinopyroxenes of Smith Island, South Shetland Islands: their composition and some Tectonic implications. In Oliver, R.L., James, P.R. y Jago, J.B. Eds. Antarctic Earth Science, 363 - 366, Canberra.
- 639 HICKEY, R.; FREY, F.; GERLACH, D. y LOPEZ, L. 1983. Isotopic and trace element data bearing on the origin of volcanic rocks from Central South Chile. Symposium of the American Geophysical Union, Baltimore, EOS, 64: 326 (Abstracts).
- 640 LOPEZ, L. y MUNIZAGA, F. 1983. Características geoquímicas y petrogénesis del complejo volcánico Laguna del Maule, Andes del Sur 36°00'S. Rev. Geol. Chile, 19-20: 3-24.
- 641 LOPEZ, L. 1983. Petrology and chemistry of volcanic rocks of the Southern Andes Symposium of the American Geophysical Union, Baltimore, EOS, 64: 326 (Abstract).
- 642 MORENO, H. 1983. Geochemistry of Puyehue Volcano and Cordón Caulle, Southern Andes. Symposium of the American geophysical Union, Baltimore, EOS, v 64. (Abstract).

- 643 MPODOZIS, C.; HERVE, F.; DAVIDSON, J. y RIVANO, S. 1983. Los granitoides de Cerro Lila: manifestaciones de un episodio intrusivo y termal del Paleozoico inferior en los Andes del Norte de Chile. *Rev. Geol. Chile*, 18, 3-14.
- 644 NUÑEZ, L.; VARELA, J. y CASAMIQUELA, R. 1983. Ocupación paleoindio en Quereo. Reconstrucción multidisciplinaria en el territorio semi-árido de Chile, IV Región Univ. del Norte, 131 pág., Antofagasta.
- 645 PARADA, M. 1983. Crystallization conditions of epizonal leucogranite plutons in the light of compositional zoning of plagioclase, high Andes (30° S), Chile. *Rev. Geol. Chile*, 18: 43-54.
- 646 ROJO, M. y VARELA, 1983. Estudio preliminar petrológico y geoquímico por uranio y fósforo de las fosforitas de Bahía Inglesa, III Región. *Nucleotécnica*, 3, N° 4: 11-23 Santiago.
- 647 RUIZ, C. y PEEBLES, F. 1983. Geología y génesis del distrito cuprífero de Talcuna, IV Región. *Actas 2° Congreso Nacional de Geología Económica*, 125-126, San Juan Argentina.
- 648 SIEGEL, E.A.; SOTO, A.M. y GOLDSCHMIDT, A. 1983. Estudio de fases sólidas de cobre en escorias de convertidor. 3<sup>er</sup> Congreso Nacional de Metalurgia, Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales, Universidad de Chile. *Actas*. B149-B156.
- 649 VARELA, J. 1983. Evolución paleogeográfica de la zona comprendida entre Los Vilos y Quebrada El Negro (Provincia Choapa, Chile) durante el cuaternario superior, *Terra Aridae*, 2, N° 1: 285-298.
- 650 VERGARA, M. 1983. Plio-pleistocene volcanism in the Andean Cordillera of Central Chile (33° 40' L.S.). *Geologische Rundschau*, 72, N° 3: 1005-1014.

## 1984

- 651 FREY, A.F.; GERLACH, D.C.; HICKEY, R.L.; LOPEZ, L. y MUNIZAGA, F. 1984. Petrogenesis of the Laguna del Maule volcanic complex Chile, (36°S). *Contr. Miner & Petrol.* 88:133-149.
- 652 GODOY, E. 1984. Consideraciones sobre la zona de falla Atacama al oeste de Domeyko. *Comunicaciones N°34*: 71-74. Depto. de Geología Univ. de Chile. Santiago.
- 653 GODOY, E.; HERVE, F.; MPODOZIS, C. y DAVIDSON, J. 1984. Deformación polifásica y metamorfismo progresivo en el basamento del Archipiélago de los Chonos, Aysén, Chile. *Actas 9° Congreso Geológico Argentino. T. IV*:211-232.
- 654 GONZALEZ, I. 1984. Estudio sedimentológico y mineralógico del litoral central de Chile. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias Químicas, Universidad de Madrid, España, 171 p., 5 mapas.
- 655 HERVE, F. 1984. Rejuvenecimiento de edades radiométricas en la zona de falla Liquiñe-Ofqui en Aysén. *Comunicaciones N° 34*: 107-115. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago, 70.
- 656 HERVE, F.; KAWASHITA, K.; MUNIZAGA, F. y BASSEI, M. 1984. Rb-Sr isotopic ages from late paleozoic metamorphic rocks of central Chile. *Jour. Geol. Soc. of London*, 141:877-884.
- 657 HERVE, F. y PANKHURST, R. 1984. The Scotia metamorphic complex at Cape Bowles, Clarence Island, South Shetland Island, Western Antarctic. *British Antarctic Survey Bulletin*, 62:15-24.
- 658 LOPEZ, L. 1984. Petrology and chemistry of volcanic rocks of the Southern Andes. In: *Andean Magmatism, Chemical and isotopic constraints* (Harmon R.S. and Barreiro, B.A. edit.). Shiva Publ. Ltd. 47-71.
- 659 MORENO, H. 1984. Planificación urbana y desastres naturales, II Jornada Nacional de prevención de riesgos de accidentes y salud ocupacional, Octubre 1984. 6 p.
- 660 MORENO, H. 1984. General Features of quaternary volcanism in Central South Chile. Sixth International soil classification workshop. 15 p.
- 661 MORENO, H.; LOPEZ, L.; RIFFO, P. y FUENTEALBA, G.P. 1984. Villarrica (Chile) Lava carves channel in ice; bulge on opposite flank. *Sean Bulletin*, 9, N° 11:2-4.

- 662 MORENO, H. y LAHSEN, A. 1984. El volcán Callaqui: ejemplo de volcanismo fisural en los Andes del Sur (Chile, 38° L.S.). 9º Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche, Argentina.
- 663 MUNIZAGA, F.; HERVE, F. y DRAKE, R. 1984. Geocronología K-Ar del extremo septentrional del Batolito Patagónico en la Región de Los Lagos de Chile. Actas 9º Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche, Argentina, 3:138-145.
- 664 MUÑOZ, L.; VARELA, J. y CASAMIQUELA, R. 1984. Los cazadores pleistocénicos de Quereo. *Creces 5*, N° 31, 2-6.
- 665 NARANJO, J.A.; HERVE, F.; PRIETO, X. y MUNIZAGA, F. 1984. Actividad neocomiana de la falla Atacama al este de Chañaral: milonitización y plutonismo. *Comunicaciones 34*: 57-66. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 666 PARADA, M.A. 1984. Consideraciones sobre el rol de las fracturas o fallas en el origen y emplazamiento de los magmas. *Comunicaciones N° 34* 19-24. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 667a. PARADA, M.A. 1984. Caracterización geoquímica de elementos mayores de las rocas ígneas hercínicas de la Cordillera frontal entre los 30º y 33º L.S. Actas del 9º Congreso Argentino San Carlos de Bariloche, Argentina, 3: 159-170.
- 667b. PARADA, M.A. 1984. La asociación de granitos subsolvus e hipersolvus del pluton Monte Grande (Chile 30ºS) y el desarrollo de sus perfitas. *Revista de Geología de Chile*, 33: 69-77.
- 668 RUIZ, C. y PEEBLES, F. 1984. Yacimientos metalíferos de la XI Región (ex-provincia de Aysén), Chile. Sus relaciones con el marco geológico. Actas 9º Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche, Argentina, 16 p.
- 669 STERN, C.R.; FUTA, K.; MUELHENBACHS, K.; DOBBS, M.; MUÑOZ, J.; GODOY, E. y CHARRIER, R. 1984. Implication for Andean magmatism of the Sr, Nd, Pb, and O isotopic composition of the three northern-most (33° - 35°S) volcanoes in the SVZ of the Andes. En R.S. Harmon and B.A. Barreiro (Eds). *Andean magmatism, Chemical and Isotopic constraints. Shiva Geology Series*, 96-105.
- 670 STERN, C.R.; AMINI, H.; CHARRIER, R.; GODOY, E.; HERVE, F. y VARELA, J. 1984. Petrochemistry and age of rhyolitic pyroclastic flows which occur along the drainage valleys of the río Maipo and río Cachapoal (Chile) and Yaucha and río Papagayo (Argentina). *Rev. Geol. de Chile*, 23, 39-52.
- 671 TAVERA, J. 1984. Sobre estudios de fósiles contenidos en rodados precedentes del Cordón Pan de Azúcar en la Alta Cordillera de Antofagasta, II Región Formación Purilactis s.p.i.
- 672 THIELE, R. 1984. Características y objetivos del Proyecto Megafallas de Sud América del Programa Internacional de Correlación Geológica (Proyecto PICG N° 202). *Comunicaciones N° 34*: 9-10. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 673 THIELE, R. y HERVE, F. 1984. Sedimentación y tectónica de Ante-arco en los terrenos pre-andinos del Norte Chico, Chile. *Rev. Geol. de Chile*, N° 22: 61-76.
- 674 THIELE, R. y PINCHEIRA, M. 1984. Las megafallas Los Coforados-Portezuelos Tatara y La Sosita-Huantamé en la extensión sur de la zona de falla Atacama al NW de Vallenar. *Comunicaciones N° 34*: 67-70. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 675 VALENZUELA, E. 1984. Recursos económicos del fondo marino y derecho del mar. *Creces 5*, N° 1/2: 26-30, Santiago.

## 1985

- 676 DIAZ, M.; CORDANI, U.; KAWASHITA, K.; BAEZA, L.; VENEGAS, R.; HERVE, F. y MUNIZAGA, F. 1985. Preliminary radiometric ages from the Mejillones, Península Northern Chile. *Comunicaciones 35*:59-68. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 677 GODOY, E. 1985. Nuevos antecedentes sobre el Basamento Metamórfico y la fase tectónica Infraneocomiana en la Costa del Norte Chico, Chile. Actas 4º Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, T.I., 1:370-384.
- 678 HERVE, F.; MUNIZAGA, F.; MARINOVIC, N.; HERVE, M.; KAWASHITA, K.; BROOK, M. y SNELLING, N. 1985. Geocronología Rb-Sr y K-Ar del Basamento Cristalino de Sierra Limón Verde, Antofagasta. Actas 4º Congreso Geológico Chileno. Antofagasta, T.I. III, 3:235-253.

- 679 HERVE, F.; MUNIZAGA, F.; PARADA, M.A.; BROOK, M.; PANKHURST, R. y DRAKE, R. 1985. Granitoids of the Coast Range of Central Chile: Geochronology and Geologic setting. *Comunicaciones* 35:105–108. Depto. Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 680 LEVI, B.; NYSTROM, J.O.; THIELE, R. y ABERG, G. 1985. Geochemical variations in Mesozoic-Tertiary volcanic rocks from the Andes in Central Chile and implications for the tectonic evolution. *Comunicaciones* 35:125–128. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 681 LOPEZ-ESCOBAR, L. 1985. Geochemistry of Volcanic Rocks of the Southern Andes Volcanic Zone. *Geochemical Investigation of the Southern Andes Volcanic Belt. 1982–1984*. Ibaraki University and University of Chile. 59–89.
- 682 LOPEZ-ESCOBAR, L.; TAGIRI, M.; NOTSU, K.; HILDRETH, W.; HARMON, R.S. y DAVIDSON, J. 1985. Geochemical characteristic of rocks from the Andean SVZ between 41°30' S and 46°00'S. *Comunicaciones* 35:137–142. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 683 LOPEZ-ESCOBAR, L.; MORENO, H.; TAGIRI, M.; NOTSU, K. y ONUMA, N. 1985. Geochemistry and Petrology of Lavas from San José Volcano Southern Andes (33°45'S). *Geochemical Investigation of the Southern Andes Volcanic Belt, 1982–1984*. Ibaraki University and University of Chile. 105–138.
- 684 MPODOZIS, C.; NASI, C.; MOSCOSO, R.; CORNEJO, P.; MAKSAEV, V. y PARADA, M.A. 1985. The Late Paleozoic-Early Triassic Magmatic Belt of the Chilean Frontal Range (28°–31°S): Igneous "Statigraphy" and Tectonic Setting. *Comunicaciones* 35:161–166. Depto de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 685 MUNIZAGA, F.; HERVE, F.; DRAKE, R.; BROOK, M.; PANKHURST, R. y SNELLING, N. 1985. Geochronology of the Granitoids: Chilean Lake Region (38° - 42° S.L.). *Comunicaciones* 35:167–170. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 686 MUNIZAGA, F.; HUETE, C. y HERVE, F. 1985. Geocronología K-Ar y razones iniciales  $Sr^{87}/Sr^{86}$  de la Faja Pacífica de Desarrollo Hidrotermales. *Actas 4º Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, T. III, 4:357–379*.
- 687 NOTSU, K.; LOPEZ-ESCOBAR, L. y ANUMA, 1985. Along-Arc variation of  $Sr^{87}/Sr^{86}$  ratio in volcanic rocks from the Southern Andes arc, especially from the region closing to the Chilean triple junction. *Geochemical investigation of the Southern Andes Volcanic Belt. 1982–1984* Ibaraki University and University of Chile, 91–104.
- 688 NOTSU, K.; LOPEZ-ESCOBAR, L. y ONUMA, N. 1985. Behaviour of the strontium isotope ratios along the strike of the Andean SVZ with emphasis in the 41°30'S – 46°00' S Region. *Comunicaciones* 35:177–180. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 689 NOTSU, K.; TAKAHASHI, M.; ONUMA, N.; VI, T.; MORENO, H. y LAHSEN, A. 1985. Strontium isotope composition of late Cenozoic, volcanic rocks from northern Chile between latitudes 17°S and 20°S. *Geochemical investigation of the Southern Andes Volcanic Belt. 1982 – 1984*. Ibaraki University and University of Chile. 195–216.
- 690 ONUMA, N.; TAKAKU, Y y LOPEZ-ESCOBAR, L. 1985. Along-Arc Variation of Degree of partial melting of Mantle Peridotite in the Southern Andes Volcanic Zone. (33°S - 46°S) and Its Relationship with Fracture Zones of the Nazca Plate. *Geochemical investigation of the Southern Andes Volcanic Belt. 1982-1984*. Ibaraki University and University of Chile. 29–49.
- 691 OSORIO, O.R. y RIVANO, S. 1985. Paraparchitadæ (ostracoda del Paleozoico Superior) en la Formación Pular (Harrington, 1961) Quebrada de Pajonales Vertiente Occidental de la Sierra de Almeida, Antofagasta. *Actas 4º Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, 1:439–457*.
- 692 PARADA, M.A.; RIVANO, S.; SEPULVEDA, P.; HERVE, M.; HERVE, F.; PUIG, A. MUNIZAGA, F.; BROOK, M. y PANKHRST, R. 1985. Mesozoic and Cenozoic Plutonic Development in the Andes of Central Chile (30°30' - 32°30'). *Comunicaciones* 35:185–188. Depto. de Geología, Univ. de Chile, Santiago.
- 693 PARADA, M.A. 1985. Pre-Andean Peraluminous and metaluminous leucogranitoid suites in the high Andes of Central Chile. *Comunicaciones*, 35: 189.
- 694 PEEBLES, L. y RUIZ, F.C. 1985. Distribución y génesis de los Yacimientos Estratiformes de Manganese en Chile Central. *Actas 4º Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, T. II, 3: 271–287*.
- 695 SIÑA, A. y PARADA, M.A. 1985. Los granitoides de Rocas de Santo Domingo. Antecedentes de terreno petrográfico y de químicas de elementos mayores para una mezcla de magmas. *Actas 4º Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, T. III. 4:512–530*.

- 696 TAGIRI, M.; MORENO, H.; LOPEZ-ESCOBAR, L.; NOTSU, K. y ONUMA, N. 1985. Petrochemistry of volcanic rocks from Osorno volcano, Southern Andes (41°06'S) Geochemical Investigation of the Southern Andes Volcanic Belt. 1982 - 1984. Ibaraki University and University of Chile. 139-159.
- 697 TAGIRI, M.; LOPEZ-ESCOBAR, L. y ONUMA, N. 1985. Preliminary Report of a Geochemical Study of thirteen volcanoes in the Southern South Andes Volcanic Belt. (41° - 46°S). Geochemical investigation of the Southern Andes Volcanic Belt. 1982 - 1984. Ibaraki University of Chile. 161 - 194.
- 698 TAGIRI, M.; ONUMA, N.; LAHSEN, A.; MORENO, H.; TAKAHASHI, M.; NOTSU, K. y TAKAKU, Y. 1985. SB systematics on the Central Andes volcanic zone of Northern Chile Geochemical investigation of the Southern Andes Volcanic Belt. 1982 - 1984. Ibaraki University and University of Chile. 217-230.
- 669 TAKAHASHI, M.; ONUMA, N.; TAGIRI, M.; NOTSU, K.; LOPEZ-ESCOBAR, L. y MORENO, H. 1985. Comparative Study of Quaternary Arc Volcanic Belts. Southern Chile vs Northeast Japan. Geochemical investigation of the Southern Andes Volcanic Belts 1982 - 1984. Ibaraki University and University of Chile. 231-286.
- 700 TAVERA, J.; VALDIVIA, M.S. y VALENZUELA, E. 1985. Mioceno Fossilífero del Sur de Chile, Isla de Chiloé a Península de Taitao. Actas 4º Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, T. I. 1:546-568.
- 701 a. VERGARA, M.; LAHSEN, A.; MORENO, H. y VARELA, J. 1985. Nuevos antecedentes para el estudio de la Evolución Petroológica del Grupo Volcanico-Antuco Sierra Velluda. Actas 4º Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, T. III, 4:583-609.
- 701 b. VERGARA, M.; CHARRIER, R.; MUNIZAGA, F.; RIVANO, S.; THIELE, R. DRAKE, R. 1985. Miocenic Volcanism in the central Chilean Andes Cordillera Principal (31°30' - 34°30'S) Comunicaciones 35:249-252. Depto Geología, Univ. de Chile, Santiago.

---

---

## RESUMENES DE MEMORIAS DE TITULO

### DETERMINACION DE PROSPECTOS DE INTERES PETROLERO EN EL AREA DE DORADO SUR, MAGALLANES, XII REGION

Francisco Townsend Gorroño

El presente trabajo estudia los antecedentes geológicos y sísmicos del área de Dorado Sur Magallanes, XII Región, con el objeto de definir zonas favorables para la prospección de hidrocarburos en estratos pertenecientes a la Formación El Salto, Terciario Superior.

Con este objetivo se integraron los antecedentes geológicos aportados por estudios regionales y sondajes efectuados en el área, definiéndose la estratigrafía del sector, facies deltaicas como ambiente de depósito y la distribución de las unidades estudiadas

La información sísmica, cuya fuente de energía provino de equipos vibratorios VIBROSEIS, fue presentada en Punta Arenas y presentada en secciones sísmicas. En estas secciones se definieron unidades de acuerdo a diferentes caracteres de las trazas sísmicas, las que fueron integradas con los antecedentes geológicos del área de acuerdo a las primeras etapas de un estudio de estratigrafía sísmica. De esta síntesis sísmico-estratigráfica surgió una política exploratoria que permitió definir diversas áreas favorables para la acumulación de hidrocarburos.

Se adjunta un apéndice que pretende explicar de manera resumida en qué consiste la estratigrafía sísmica.

Profesor Guía: Sr. Eduardo González

13.01.1982

### GEOLOGIA, FACIES Y BIOESTRATIGRAFIA DEL AREA DE LA MINA POTRERILLOS

Loreto Marticorena Greve e Irene Tapia Astorga

En el área de la Mina Potrerillos afloran rocas sedimentarias marinas marino-continetales y continentales de edad jurásica a cretácica inferior, y rocas volcano-sedimentarias de edad cretácica superior y terciaria inferior. Ellas se encuentran intruidas por filones mantos andesíticos (post-Neocomiano a pre-Eoceno Superior?), stocks de pórfidos silíceos (Eoceno Inferior? a Medio?) y de pórfidos dioríticos (Eoceno Superior?).

Las unidades litoestratigráficas, en orden de superposición, son las siguientes:

Estratos de Cerro Bochinche (Formación Hornitos?) (Paleoceno Inferior o Eoceno Inferior?). Tobas riolíticas, ignimbritas, brechas volcánicas andesíticas y andesitas.

Estratos del Cerro San Antonio (Formación Cerrillos?) (Cretácico Superior). Conglomerados, brechas y coladas andesíticas.

Formación Agua Helada (Neocomiano superior-Albiano?), Fangolitas y areniscas rojas continentales.

Formación Pedernales (Titoniano a Neocomiano). En ella se han diferenciado dos miembros, aquí propuestos:

- Miembro superior: Alternación de limolitas calcáreas, areniscas calcáreas de grano fino y calizas arenosas, con intercalaciones de areniscas rojas continentales en la parte superior.
- Miembro inferior: Feldsarenitas líticas, calcáreas, caliza coquinoídeas, caliza oolíticas, bioesparita, biomicritas e intramicritas.

Formación Asientos (Caloviano a Oxfordiano? ).

- Miembro Potrerillos: Fangolitas y areniscas calcáreas de grano muy fino.
- Miembro Agua de La Falda: Caliza, calizas bioclásticas y coquinoídeas, caliza oolíticas, areniscas calcáreas y areniscas calcáreas conglomerádicas.

Esta última formación corresponde a la parte superior del Grupo Quebrada Asientos, que incluye además a la Formación Montandón, definido en este estudio, en Quebrada Agua de La Falda, en base a la revisión estratigráfica de las secuencias marinas de la región de Pedernales-Potrerillos.

Los sistemas de facies de las secuencias marinas son en general isócronos y heterópicos. Son facies de aguas bajas, de alta energía, acumuladas entre las zonas meso a infralitoral, en el dominio miolimitar de la Cuenca Andina.

Se detecta una pseudoconcordancia y un hiatus faunístico en el Kimmeridgiano, que evidencian la culminación de un primer ciclo marino, que se desarrolló en el Jurásico. Un segundo ciclo marino y marino-continental se inicia en el Titoniano y finaliza en el Albiano, con un fase de plegamiento evidenciada en la discordancia angular y de erosión entre los Estratos del Cerro San Antonio y la Formación Agua Helada. Todas las secuencias fueron plegadas en una flexura monoclinar, debido a movimientos compresivos ocurridos en el límite entre el Cretácico y el Terciario; estos se encuentran registrados en la discordancia angular y de erosión entre los Estratos del Cerro Bochinche y los estratos del Cerro San Antonio, en las cercanías del área de estudio.

A continuación de las etapas de plegamiento se produjeron movimientos distensivos que originaron fallas normales, de direcciones preferenciales NE-SW, N-S y NW-SE a E-W, y movimientos compresivos que dieron origen a fallas inversas; estas últimas son, sin embargo, de menor importancia en el área.

En el área se encuentran documentados paleontológicamente el Caloviano, el Oxfordiano (?), el Titoniano superior y el Berriasiano.

Profesor Guía: Sr. José Corvalán

15.01.1982

## ANTECEDENTES GEOLOGICOS DE LA PENINSULA LA FLORIDA, LAGO O'HIGGINS, AYSÉN

Mario Pereira Arredondo

El estudio geológico, 1:100.000, de la Península La Florida ( $48^{\circ}29'$  y  $48^{\circ}49'$  de latitud sur y  $72^{\circ}35'$  y  $72^{\circ}48'$  de longitud oeste). Lago O'Higgins, Aysén muestra que ésta se compone de dos unidades litoestratigráfica mayores y de cuerpos intrusivos menores.

La unidad más antigua, el Basamento Metamórfico Patagónico, de edad pre-jurásica probablemente paleozoica media a superior, está conformada por una secuencia en parte rítmica de metareniscas y pizarras con intercalaciones de mármoles, metacherts y

metavolcanitas básicas de afinidad alcalina con estructura relictiva de almohadillas. Esta unidad se habría depositado en una cuenca marina principalmente mediante corrientes de turbidez, siendo posteriormente afectada por metamorfismo de bajo grado que no alcanzó a obliterar totalmente la fábrica primaria de las rocas.

La otra unidad, el Complejo El Quemado (Jurásico Medio a J. Superior), se dispone en discordancia angular y de erosión sobre la unidad anterior y en ella se han diferenciado dos subunidades de 780 m. de espesor en total: la Subunidad Inferior, compuesta de conglomerados brechosos, conglomerados cuarcíferos, areniscas y de una intercalación volcánica dacítica; la Subunidad Superior está integrada por una secuencia de riolitas, dacitas, andesitas, tobas vitrocristalinas y tobas brechosas con escasas intercalaciones sedimentarias clásticas, mostrando las volcanitas afinidad calco-alcalina. Este complejo se habría producido en un ambiente continental, en parte semiárido, acompañado de episodios lacustres durante el volcanismo.

Las rocas intrusivas corresponden en su mayoría a diques graníticos, andesíticos y en menor proporción a basálticos. Aflora además, un stock granitoide de dimensiones reducidas.

Se reconocieron cuatro eventos de deformación; los dos primeros, asociados a recristalización metamórfica, afectan únicamente al basamento. La primera fase, la más importante, dió origen a pliegues isoclinales y a foliación en la mayoría de los casos paralela a la estratificación, acompañados de pliegues menores de estilos variados. La segunda deformación generó principalmente clivaje de crenulación. El tercer evento desarrolló en el basamento pliegues tipo "Kink" y en el complejo pliegues abiertos. Finalmente, el cuarto episodio provocó fracturas y lineamientos-fallas regionales. El rumbo general de la foliación es NE-SW; los ejes de pliegues tienden a una disposición cercana a la vertical, reconociéndose dos direcciones principales de plegamiento: la primera tendría una dirección de acortamiento NW-SE y la segunda sería en dirección NE-SW.

Se evidencia en la zona estudiada una fuerte influencia glacial en el modelado del paisaje, la cual se expresa en artesis, circos, depósitos morrénicos, rocas aborregadas y estrías.

Las manifestaciones de mineralización metálica observadas corresponden a escasas vetas de magnitud reducida con piritita y calcopiritita diseminada; la mineralización no metálica consiste en un lente de mármol dentro del basamento. Estas ocurrencias carecen de valor económico.

Profesor Guía: Sr. Tsuyoshi Nishimura

15.01.1982

## CONTRIBUCION DE LA GEOLOGIA Y PETROLOGIA DE LAS ROCAS VOLCANICAS E INTRUSIVAS DE LOS ANDES CHILENOS ENTRE LAS LATITUDES 32°45' Y 33°00' SUR

Humberto Padilla Sanhueza

El sector estudiado está constituido por terrenos cuyas edades abarcan desde el Jurásico Superior (?) hasta el Reciente. Las rocas del Jurásico Superior al Cretácico Inferior comprenden calizas, yesos, areniscas y lutitas de origen marino a continental

las que afloran en el tramo oriental del área. Totalizan una potencia de 3000 m.

Las rocas del Cretácico Inferior al Mioceno corresponden a potentes secuencias volcánicas y volcanosedimentarias principalmente andesíticas y dacíticas. Estas secuencias cubren gran parte del área estudiada y alcanzan en conjunto una potencia mínima de 7000 m.

Las unidades estratificadas se encuentran intruidas por stocks plutónicos de composición granítica de diorítica emplazados en el Mioceno. También, en las cercanías al Valle Central del área estudiada, aflora un conjunto de stocks miocénicos principalmente andesíticos. Geoquímicamente el magmatismo intrusivo del área presenta una afinidad calcoalcalina similar a la de otras series magmáticas del margen oriental del Pacífico

Estructuralmente la zona se caracteriza como un amplio sinclinorio de rumbo NS. Su flanco oriental se halla fuertemente plegado y con diapiros de yeso. El flanco occidental y la parte central de este sinclinorio se muestran suavemente plegados, distinguiéndose dos zonas de falla submeridianas (Chacabuco y Pocuro), situadas en la parte occidental de esta megaestructura.

Las secuencias volcánicas sedimentarias e intrusivos andesíticos presentan una mineralogía secundaria compuesta por asociaciones de los siguientes minerales: —albita - clorita - calcita - ceolitas - esfeno - epidota - filosilicatos híbridos - anfíbola verde - pumpellita - prehnita (rocas básicas).

—Albita cuarzo - feldespato potásico - mica blanca - arcilla - clorita (rocas ácidas) .

Se observa una distribución vertical y horizontal en la mineralogía secundaria, la que es consistente con un modelo de metamorfismo de carga de la Facies Ceolitas a Prehnita-Pumpellita, en la unidad estratificada inferior (Fm. Abanico) y Facies Ceolitas en la unidad superior (Fm. Farellones), transicional a Esquistos Verdes, aumentando el grado metamórfico hacia la base de cada una de estas secuencias. En la zona de los stocks andesíticos, el grado metamórfico varía horizontalmente en relación a la distancia a los intrusivos y a las zonas de falla.

Se proponen dos gradientes principales Presión/Temperatura para explicar los patrones de distribución de la neomineralización, los cuales dependen fundamentalmente de la velocidad y profundidad de enterramiento, calor generado por las intrusiones hipabisales y circulación hidrotermal de los fluidos, favorecidos por zonas de debilidad estructural.

Profesor Guía: Sr. Mario Vergara

20.01.1982

## CARACTERIZACION DE LA MENA HIPOGENA DE COBRE Y ANTECEDENTES SOBRE INCLUSIONES FLUIDAS EN EL SECTOR NORTE DEL YACIMIENTO RIO BLANCO (CODELCO - CHILE, DIVISION CHUQUICAMATA

Rosendo Puig Pichuante

En el presente trabajo se estudia la distribución, las relaciones texturales y los modos de ocurrencia de los sulfuros hipógenos de cobre, entregando también antecedentes sobre inclusiones fluidas, en un perfil del sector norte del yacimiento de cobre tipo pórfido cuprífero Río Blanco, encajado en rocas volcánicas e intrusivas de una edad terciario medio a superior y que se localiza en la precordillera de Chile Central, Provincia de Los Andes, V Región.

La calcopirita es el sulfuro hipógeno de cobre más importante y sus mayores concentraciones se relacionan a rocas andesíticas y granodioríticas con alteración filica, en sectores de altas leyes de cobre con un baja razón pirita/calcopirita. Textualmente la calcopirita se asocia como exsolución en la bornita, como intercrecimiento con pirita, hematita, magnetita y molibdenita, y como mineral reemplazado por calcosina, en sectores muy locales. La bornita se presenta en forma escasa.

Se reconocieron tres zonas de sulfuros hipógenos predominantes, la más profunda de calcopirita, pirita, bornita, una intermedia de calcopirita y una alta y externa de calcopirita, pirita.

Las inclusiones fluídas presentes en cuarzo y anhidrita de vetillas hidrotermales mineralizadas se agrupan en dos grandes familias dependientes de su modo de distribución ya sea orientadas o no orientadas, y a su vez engloban a tres tipos de inclusiones fluídas reconocidas, las cuales se diferencian por la proporción del contenido de la fase sólida, líquida y gaseosa. Dentro de la fase sólida contenida se distinguieron cristales de halita (NaCl), silvita (KCl), hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) y opacos.

Las temperaturas de homogenización o entrapamiento medidas en algunas inclusiones fluídas (220 - 500°C,) reflejan el rango de temperatura de la actividad de los fluidos hidrotermales mineralizadores.

Profesor Guía: Boris Alarcón

01.04.1982

## ESTUDIO GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DEL SECTOR NORTE DEL SALAR DE PEDERNALES Y DE LAS AREAS CERRO DOÑA INES, SALAR DE LOS INFIELES Y LLANO DE LAS VICUÑAS, III REGION, ATACAMA

Santiago Castro Bravo

Se dan a conocer los resultados de un estudio geológico e hidrogeológico realizado en la zona comprendida entre los paralelos 25°54' y 26°12' sur y los meridianos 69°00' y 69°15' oeste, la cual abarca una superficie aproximada de 950 km<sup>2</sup>. Los objetivos principales de este trabajo fueron: definir la geología básica del lugar y la ejecución de un estudio hidrogeológico que permitiera estimar el potencial de los recursos hídricos de la zona estudiada en términos de caudales y calidades químicas.

En el área objeto del estudio, e inmediatamente al oeste de la Cordillera de Domeyko, afloran rocas estratificadas mesozoicas cuyas edades van desde el Triásico superior hasta el Cretácico inferior, además de un cuerpo ígneo tonalítico que las intruye y cuya edad probable es Cretácico superior; en conjunto corresponden a rocas prácticamente impermeables. En la Cordillera de Domeyko y al este de la misma, afloran rocas volcánicas andesíticas y dacíticas cuyas edades probables van desde el Mioceno medio hasta el Cuaternario; son rocas permeables en su tramo más superficial. Aquí se encuentran los depósitos de evaporitas que constituyen los típicos salares del Norte Grande Chileno, los cuales funcionan como excelentes reservorios de las aguas salobres que allí se almacenan. En ambas zonas de afloramientos se advierte la existencia de depósitos coluviales y aluviales indiferenciados de edad cuaternaria, en general de escaso espesor y no muy extenso desarrollo areal, que cubren y enmascaran las rocas fundamentales subyacentes; especialmente interesantes desde el punto de vista hidrogeológico son los llanos aluvio-

nales y los rellenos de fondos de quebradas por sus cualidades como receptores y/o transmisores subterráneos de los recursos hídricos lugareños. Además, en el dominio de afloramientos volcánicos, se aprecia la ocurrencia de zonas de alteración volcánico-termal con desarrollo de azufre nativo superficial.

Las cuencas hidrogeológicas comprendidas por este estudio fueron divididas en cuencas abiertas hacia el Océano Pacífico ubicadas al oeste de la Cordillera de Domeyko y cuencas altiplánicas cerradas localizadas hacia el este de la citada Cordillera. Las primeras ofrecen posibilidades de captación de aguas de vertientes que podrían ser aprovechadas como fuentes de agua potable; exhiben gastos reducidos, a excepción de la aguada de La Encantada (10 - 15 l/s). Las cuencas altiplánicas permiten la captación de recursos hídricos salobres a extremadamente salobres (salmueras) concentrados en el sector más deprimido de las mismas; hacia las zonas de cabeceras es posible captar también aguas dulces aptas para el consumo potable, aunque también en caudales limitados (< 10 l/s).

Profesor Guía Juan Karzulovic

07.04.1982

**GEOLOGIA REGIONAL Y BIOESTRATIGRAFIA DEL JURASICO MARINO AL OCCIDENTE DEL SALAR DE PEDERNALES (26°15' - 26°24' LATITUD SUR; 69°15' - 69°30' LONGITUD W). REGION DE ATACAMA, CHILE**

Guillermo Muller Masser y José Perello Lujan

En la zona ubicada al occidente del Salar de Padernales, se han reconocido: un zócalo Paleozoico, y terrenos de cobertura de edad jurásica a cenozoica.

Los terrenos del zócalo constituyen el "Horst" de Sierra Castillo y el bloque de Sierra Bórax. En Sierra Castillo, comprenden una asociación plutónica principalmente de granodioritas, tonalitas monzodioritas y dioritas, mientras que en Sierra Bórax, incluyen una asociación pluto-volcánica ácida, compuesta por la formación La Tabla y un conjunto de granitos que intruyen los niveles inferiores de esta formación.

Los terrenos de la cobertura comprenden siete unidades litoestratigráficas mayores (de más antiguo a más moderno):

- Estratos de San Juan (Sinemuriano; Unidad informal). Clástica; marina.
- Formación Montandon (Pliensbachiano-Bajociano medio). Pelitocalcárea; marina
- Formación Asientos (Bajociano medio-Caloviano). Principalmente calcárea, con intercalaciones volcánicas; marinas.
- Formación Pedernales (Titoniano-Berriasiano). Arenoso-calcárea, con intercalaciones volcánicas; marina.
- Formación Agua Helada (Cretácico inferior). Clástica; continental.
- Formación Cerrillos (Cretácico superior). Volcánica; continental.
- Grava de Atacama (Mioceno superior). Clástica; continental.

Paleogeográficamente, la secuencia sedimentaria marina del lía-Neocomiano inferior, representa una acumulación en una cuenca tras-arco, ligada a su vez, al proceso de subducción de corteza oceánica bajo el borde del supercontinente Gondwana. La profundidad alcanzada por esta cuenca no habría sido superior a 100 m.

Se reconoce un evento deformativo principal de tipo monogénico, llevado a cabo durante el Terciario (pre-Mioceno superior), que habría generado las principales estructuras distinguibles en el área estudiada.

El estudio de la fauna fósil, principalmente de ammonites, ha permitido reconocer parte de los siguientes Pisos: Sinemuriano, Pliensbachiano, Toarciano, Aaleniano, Bajociano, Caloviano y Titoniano, Berriasiano. Se distinguen biozonas referidas al estándar europeo y se infieren otras en base a la comparación con asociaciones de ammonites propuestas por diversos autores.

Profesor Guía: Ernesto Pérez

04.05.1982

## **“GEOLOGIA DEL VALLE DEL RIO HURTADO, CORDILLERA DE OVALLE IV REGION, CHILE**

**Paula Cornejo Pelaez**

A lo largo del valle superior del río Hurtado (30°31' Lat. S.), la alta cordillera andina del Norte Chico, la cual está constituida por un núcleo de terrenos preandinos (rocas estratificadas y granitoides del Paleozoico superior-Triásico). Sobre éstos, se dispone en discordancia una sucesión de formaciones sedimentarias y volcánicas pertenecientes a la cobertura andina Meso-Cenozoica, dicha sucesión es intruida por stocks y cuerpos menores granodioríticos-dioríticos terciarios.

Gran parte de los terrenos preandinos están constituidos por los granitoides del Batolito Elqui-Limarí; dicho batolito es un complejo plutónico de afinidad calco-alcalina, formado por intrusiones múltiples de tonalitas, granodoritas, monzogranitos y granitos hololeucocráticos con edades comprendidas entre el Carbonífero y el Triásico superior. Dentro del batólito se conservan, como roof-pendants, rocas sedimentarias epimetamórficas de probable edad carbonífera (Formación Hurtado), cubiertas discordantemente por 1.200 m de rocas volcánicas ácidas del Permo-Triásico (Secuencia Volcanoclástica de la Sierra de Elqui y Portezuelo Miranda). Cubriendo en forma discordante a los granitoides, se disponen 200 m de conglomerados fluviales del Triásico superior? (Estratos de Quebradita).

La cobertura andina que aflora en el margen occidental del Batolito Elqui-Limarí está constituida por 400 m de calizas y areniscas marinas litorales del Liásico (Formación Tres Cruces); 2.000 m de conglomerados y coladas andesíticas del Jurásico superior (Formación Algarrobal); 600 m de calcilitas y calcarenitas marinas circalitorales del Cretácico inferior (Formación Río Tascadero); 800 m de rocas sedimentarias lacustres y lavas andesíticas y brechas volcanoclásticas del Cretácico superior (Formación Viñita); 800 m de lavas riolíticas, tobas ácidas y andesitas del Terciario inferior (Formación Los Elquinos), un conjunto andesítico-dacítico de rocas efusivas del Terciario superior (Secuencia Volcánica del Cerro Atravesado), y depósitos no consolidados cuaternarios.

Los afloramientos pre-andinos de la Alta Cordillera muestran una clara afinidad con aquellos expuestos en la Cordillera Frontal de Mendoza y San Juan (Argentina), mientras que la estratigrafía de la cobertura andina se caracteriza por una secuencia similar a aquellas de Los Andes del centro de Argentina y Chile. La zona del río Hurtado es el área más septentrional en donde esta secuencia estratigráfica puede ser reconocida, ya que más al norte, en Los Andes de Vellenaar y Copiapó, no existen secuencias equivalentes a las formaciones Río Tascadero y Pucalume.

La estructura de la región se caracteriza por la presencia de un gran antiformal de zócalo, que forma el núcleo de la Alta Cordillera. Esta megaestructura se originó durante un evento tectogénico en el Terciario superior. La cobertura andina, aflorante en el borde occidental de la Alta Cordillera, se presenta en su conjunto solidaria al zócalo; sin embargo, dentro de ésta, los niveles calcáreos incompetentes de la Formación Río Tascadero están despegados del sustrato volcánico del Jurásico superior, plegados de manera compleja y sobreescorridos hacia el oeste a lo largo de una gran falla inversa de carácter regional (Falla Chacay), prolongación meridional de la falla Vicuña, formando así un conjunto de estructuras en parte gravitacionales, inducidas en la cobertura por la deformación a gran escala del zócalo preandino.

La zona cercana a la frontera con Argentina presenta un interés económico potencial debido a la existencia de numerosos sistemas hidrotermales asociados a intrusivos dioríticos terciarios del tipo hipabisal.

Profesor Guía: Sr. Constantino Mpodozis

06.05.1982

## “GEOLOGIA DE LA MINA RAÍZ DEL COBRE Y DEL CORDON DEL CERRO TRES ASTAS QUINTA REGION

Rodrigo Mora Costa

En el Cordón del Cerro Tres Astas, ubicado al sureste de Puchuncaví, Provincia de Valparaíso, V Región, el cual forma parte del flanco occidental de la Cordillera de la Costa, se encuentra una secuencia volcánica de edad jurásica inferior a jurásica media, cerca de cuya base, una intercalación sedimentaria presenta mineralización de cobre.

En esta intercalación sedimentaria muy delgada, calcárea, de probable origen marino existen varias minas en las que se ha explotado algunos sectores mineralizados, siendo las más importante de ellas la mina Raíz del Cobre.

Este estudio, cuyos fines son determinar la presencia de otros horizontes mineralizados, definir la forma de emplazamiento y distribución de la mena, y determinar en forma preliminar su potencial cuprífera, consta de dos partes.

La primera de ellas, que responde algunas de las interrogantes planteadas, incluye el reconocimiento geológico de un área de 20 km<sup>2</sup> y una revisión detallada de la secuencia estratigráfica en el sector. En este reconocimiento se distinguió tres unidades definidas en la zona por Piracés (1977), las cuales son: Complejo El Cajón, Capas de la Raíz del Cobre y Formación Ajial.

Los resultados de esta primera parte permiten determinar que, la parte superior de la unidad Complejo El Cajón se encuentra en continuidad estratigráfica y estructural con las unidades superiores de edad jurásicas y que, por lo tanto, dicha unidad incluye rocas de edad jurásica probablemente correlacionables con la Formación Quebrada del Pobre.

Además, del estudio de superficie, se desprende que el único nivel estratigráfico mineralizado en el área es el que se explotó en las minas mencionadas y corresponde a un único yacimiento de tipo estratiforme.

La segunda parte corresponde al estudio geológico de la Mina Raíz del Cobre, con énfasis en la mineralización y génesis del yacimiento.

La mineralización principal, consiste en Calcopirita, Blenda, Bornita y Galena, se emplaza en forma diseminada y/o en guías paralelas a la estratificación y se distribuye en forma muy irregular en los sedimentos calcáreos. Debido a ésto, se observa una tendencia a la lenticularidad en el yacimiento.

En base a antecedentes texturales y bibliográficos se determinó una secuencia paragenética y la existencia de dos episodios mineralizantes.

El estudio calcográfico y las evidencias de terreno revelan que el origen de este yacimiento es epigenético, producido por la depositación de sulfuros de Cu, Zn y Pb y óxido de Fe, a partir de soluciones hidrotermales.

Finalmente, a pesar de la ausencia de datos de muestreo y basado en los antecedentes geológicos disponibles, se efectuó una estimación del tonelaje potencial en el yacimiento.

Profesor Guía Sr. Boris Alarcón

12.07.1982

## ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DESARROLLO DE LOS TALUDES DEL SECTOR SUR ORIENTAL, MINA DE CHUQUICAMATA

Juan Pallauta Monardez

El yacimiento de Chuquicamata, está ubicado en la provincia El Loa, Segunda Región de Antofagasta, en la depresión intermontana que separa la Cordillera Real de los Cerros de Chuquicamata. En el área ocurren principalmente intrusivos de composición ácida a intermedia con edades que van desde el Paleozoico al Terciario. Las rocas más antiguas, corresponden al complejo metamórfico denominado "Granito Migmatítico", expuesto al costado este de la mina, donde se emplaza como roof pendant en granitos Paleozoicos e infrayace a sedimentos y volcanitas del Jurásico. La roca huésped de la mineralización, Porfido Chuqui, incluye unidades de forma filoniana con rumbo nort-sur y composición granodiorítica a monzonítica, emplazadas durante el Terciario.

El rajo de Chuquicamata tiene forma elíptica, con ejes de 3.800 y 1.500 m orientados norte - sur y este - oeste respectivamente. La excavación con 490 m de profundidad, presenta taludes de trabajo de 26° y 37°. La medida de minimizar la razón lastre/mineral duplicando la altura de los bancos, produjo taludes de hasta 45° en el lixiviados superior de la pared este, como consecuencia de ellos en 1966, se advirtieron en superficies las primeras deformaciones, cuyo desarrollo motivó el derrumbe de 1969 (12 M. Ton) Tres años después, se reactivó el proceso distensivo comprometiendo el sector 5, límite norte de la zona colapsada, lo que motivó al Departamento Mina a iniciar estudios de estabilidad en esta área.

El análisis de estabilidad del Sector 5, incluye el exámen de las variables geológicas que fundamentan la etapa de evaluación. El tratamiento detallado de las características estructurales de la masa rocosa permite determinar: área en distensión, el modelo de simulación y el grado de fracturamiento. En efecto el análisis estructural del Sector 5, descarta la posibilidad de desplazamiento importante, debido a intersecciones de fallas dirigidas hacia la cara libre del talud. No obstante el estudio de "cuñas" sirve para ubicar e interpretar derrumbes locales.

De acuerdo con lo señalado, se adopta un modelo de tajadas, bidimensional, para evaluar el factor de seguridad estático de la estructura analizada. Este modelo permite

obtener el autoaporte de la pared en forma discreta, analizando la posibilidad de fallas circulares en secciones perpendiculares a la cara libre del talud.

Los parámetros de resistencia al corte-cohesión y ángulo de fricción interna-usados en este estudio, corresponden a valores de laboratorio modificados por factores de escalamiento determinados en función del grado de fracturamiento in-situ de la masa rocosa.

Como resultado de este estudio, se demuestra la necesidad de modificar el diseño de los taludes del Sector 5, medida que implica extraer 14.7 M. Ton de material estéril. Con ello el factor de seguridad aumenta de 1.1 a 1,5 sobrepasando en un 15 % las normas de diseño establecidas en minería a cielo abierto, lo que no es excesivo si se considera el efecto negativo de las variables poco conocidas no incluidas en este análisis: efectos de ondas sísmicas y eventual ocurrencia de agua subterránea en la pared.

Profesor Guía Federico Peebles

22.09.1982

## PROSPECCION GEOLOGICA DE YACIMIENTOS TIPO PORFIDO CUPRIFERO EN EL AREA DE PUNO-PINCHAL, SEGUNDA REGION, ANTOFAGASTA

Jorge Miranda Mercado

En la zona de Puno-Pinchal, ubicada en la cordillera de Chuquicamata, provincia de El Loa, Segunda Región de Antofagasta, entre los yacimientos de Quebrada Blanca y El Abra se realizó una prospección que incluyó estudios geológicos y geoquímicos tanto regionales como de detalle, que permitieron, comparando las características geológicas de los yacimientos que forman el "Cinturón de Pórfidos Cupríferos Cerro Colorado - Chuquicamata" y que son Cerro Colorado, Quebrada Blanca, El Abra y Chuquicamata seleccionar como la de mayor expectativa la zona de Puno, que además mostraba anomalías geoquímicas.

A escala regional, el emplazamiento de los pórfidos cupríferos fué controlado estructuralmente por la Falla Oeste, una falla de gran extensión, profunda y de dirección norte-sur. Desde el punto de vista litológico, de edad, de alteración y mineralización estos pórfidos presentan características comunes, que son aprovechadas en la prospección. Son rocas de textura porfídica, de composición intermedia a ácida, de edad eocena superior a oligocena inferior y presentan una zonación de alteración hidrotermal del tipo potásica, fílica, argílica y propilítica. La mineralización normalmente corresponde a calcopirita, bornita, molibdenita y pirita que por efecto de la meteorización, originaron una gran cubierta de alteración y mineralización supérgena.

Tanto por sus características geológicas como por los resultados de la prospección geoquímica, se determinó que Puno sería el prospecto más atractivo del área. En él se realizaron investigaciones geológicas y geoquímicas de detalle, que incluyeron estudios de relictos y la perforación de dos sondajes.

Puno, se emplaza al oeste de la Falla Oeste, en una zona brechas alteradas que en profundidad corresponden a un pórfido tonalítico oligoceno. En la brecha se pueden

En la brecha se pueden distinguir las alteraciones fílicas, argílica y propilítica. La mineralización superficial es del tipo rosita, limonita y sulfuros relicticos tales como calcopirita, bornita. En profundidad se observa una mineralización primaria con abundante

pirita, yeso y sulfuros de cobre y de molibdeno de grano fino, lo que permite tener expectativas de ubicar un yacimiento primario de cobre en profundidad.

Profesor Guía: Sr. Federico Peebles.

29.10.1982

## DISTRIBUCION Y CARACTERIZACION DEL MOLIBDENO EN EL YACIMIENTO EL TENIENTE

Andrés Mestre Pino

El estudio del Molibdeno en el yacimiento El Teniente permitió establecer que la Molibdenita es el principal mineral del Molibdeno, que se presenta casi exclusivamente como relleno de vetillas, en todas las rocas del yacimiento.

La clasificación de vetillas, de acuerdo a los períodos de mineralización reconocidos en el depósito, señala que la mineralización principal de Molibdeno ocurre en vetillas de la etapa tardimagmática, con una frecuencia de 0.5 vetillas con Molibdenita por metro. En la zona de enriquecimiento secundario de cobre la Molibdenita se presenta en las mismas estructuras reconocidas de la mineralización hipógena, indicando un comportamiento estable bajo las condiciones físico-químicas en que ocurre dicho fenómeno supérgeno en El Teniente.

La distribución de frecuencias de leyes de Molibdenita en las principales unidades de rocas del yacimiento permitió observar dos tendencias principales.

- La tonalita y la chimenea de brechas Braden, con una mineralización uniforme, de baja ley, en las cuales sobre el 50% de los valores son inferiores a 0.020% de  $\text{MoS}_2$  y la moda en la clase 0.010 - 0.020% de  $\text{MoS}_2$ .
- Las andesitas y el pórfido dacítico, con gran dispersión de valores entre 0.010 y 0.050% de  $\text{MoS}$  (71%), con mayor ocurrencia de leyes altas.

La distribución de la mineralización de Molibdeno, representada en planos y secciones del yacimiento, señala una clara relación espacial con el pórfido dacítico, con gradientes que decrecen hacia las márgenes del depósito desde franjas paralelas de altas concentraciones ubicadas a ambos lados de este pórfido. También existen importantes diferencias de contenido de Molibdenita entre el sector norte, con una media de 0.40% de  $\text{MoS}_2$ , y el sector sur del yacimiento, con una media de 0.027% de  $\text{MoS}_2$ .

Las correlaciones de Cu v/s Mo en cada unidad de roca del yacimiento indican que la mineralización de Molibdeno no ocurre en una relación constante con la del cobre durante las distintas etapas de mineralización del yacimiento.

Las Molibdenitas en el yacimiento El Teniente presentan importantes contenidos de Renio, sin embargo, en muestras in situ éstos son muy superiores a los del concentrado obtenido de la planta, sugiriendo una concentración selectiva durante el proceso metalúrgico, fenómeno que será necesario investigar por los efectos que podría tener en la producción a futuro.

Profesor Guía Sr. Boris Alarcón

1982

## ALTERACION Y MINERALIZACION HIPOGENAS EN EL SECTOR OESTE DEL YACIMIENTO EL TENIENTE

Patricio Zuñiga Rojas

En el sector oeste del yacimiento El Teniente se estudiaron 18 sondajes con un largo total de 7.017 m. Estos están repartidos en siete secciones con dirección este-oeste aproximadamente. La información básica recolectada comprende diversos parámetros geológicos macro y microscópicos de variación espacial. Los parámetros macroscópicos corresponden a tipo de roca, textura, frecuencia de vetillas, ancho y mineralogía del relleno de vetilla, proporciones de sulfuros y minerales de alteración, porcentaje de penetrabilidad de la alteración por halos de vetillas y textura relictas. Los principales parámetros microscópicos son texturas, tamaño medio de los minerales, mineralogía relictas, proporciones relativas de los minerales de alteración y estabilidad de los minerales de alteración y estabilidad de la mineralogía primaria. El conjunto de parámetros estudiados permitió distinguir tres de las etapas de alteración y mineralización hipógenas definidas en el yacimiento. Estas son la etapa Tardimagnética, Hidrotermal Principal e Hidrotermal Tardía.

En la etapa Tardimagnética se estudiaron cuatro zonas de alteración: Potásica, Biotítica Avanzada, Biotítica Incipiente y Biotita-Clorita. Estas se definieron en base a asociaciones de minerales de alteración y presentan un grado variable en la intensidad, la cual disminuye al alejarse del pórfido dacítico. En las andesitas el reemplazo total o parcial a biotita, cuarzo y anhídrita destruye con intensidad variable la textura porfídica original y se extiende por 400 m al oeste del pórfido dacítico, dando paso paulatinamente a la asociación de biotita-clorita y finalmente a una propilitización. La mineralización tardimagnética consiste en bornita, calcopirita, pirita y molibdenita con cantidades menores de magnetita. Estos minerales ocurren diseminados y en mayor cantidad en vetillas sin halo de alteración. Los sulfuros de distribuyen formando un cuadro de zonación a partir de una zona rica en bornita, la cual disminuye dando lugar a zonas en las que el sulfuro predominante es calcopirita y finalmente una zona rica en pirita con abundante magnetita finamente diseminada. Se realizó una clasificación de las vetillas tardimagnéticas en las andesitas, definiéndose cinco tipos cuyo relleno, frecuencia y espesor varían en las zonas de alteración. Tanto estas vetillas como también la distribución de la alteración y de la mineralización muestran un claro control genético ejercido por el pórfido dacítico.

En la etapa hidrotermal principal la alteración se desarrolló a partir de vetillas formando halos de alteración-cuarzo-sericíticos, los cuales afectan a las asociaciones mineralógicas y textura tardimagnética preexistentes. El volumen de roca afectado por esta alteración fue controlado por la frecuencia de vetillas y el espesor de los halos. Su distribución se estudió en base al parámetro macroscópico porcentaje de penetrabilidad. Se definieron entonces, cuatro zonas de iso-alteración cuarzo sericítica, las cuales presentan una disposición subparalela al pórfido dacítico e invaden subverticalmente a las andesitas formando cuñas, hasta la cota del nivel T-8. La mineralización en esta etapa corresponde a calcopirita, pirita y molibdenita subordinada. Estos minerales ocurren principalmente en vetillas junto con gangas de cuarzo, anhídrita, clorita y con menores cantidades de calcita y muscovita. En forma escasa ocurren pirita y calcopirita como fina diseminación en los halos. En base a las asociaciones de los minerales

de mena y ganga se realizó una clasificación de cinco tipos de vetillas, las cuales constituyen un stockwork sobrepuesto a las vetillas tardimagmáticas. La alteración y mineralización en esta etapa fueron producidas por la evolución del desarrollo del sistema hidrotermal establecido por el pórfido dacítico.

La etapa de la alteración y mineralización tardía se caracteriza por una fina cristalización de cuarzo, sericita y clorita que destruye la mineralogía y texturas anteriores. Se presenta asociada a vetas y vetillas, formando halos de alteración similares a los del cuadro hidrotermal principal. Ocurre además, en los clastos de las brechas a partir desde sus bordes. La intensidad de esta alteración se ha cuantificado en forma análoga a la principal, mediante el porcentaje de penetrabilidad por halos de vetillas. Se definieron entonces seis zonas de iso-alteración; las cuales se distribuyen formando conos envolventes a la Chimenea Braden. Su alcance horizontal hacia el oeste es de aproximadamente 250 m en el nivel T-5 y disminuye fuertemente en profundidad acuñándose aparentemente en la cota del nivel T-11. La mineralización hidrotermal tardía se presenta como calcopirita, bornita, pirita, molibdenita y tenantita. Los minerales de ganga que acompañan a estos sulfuros son principalmente turmalina, cuarzo, anhidrita y yeso, con calcita, siderita, clorita y epidota subordinadas. Esta mineralización se presenta como relleno de vetillas y cemento de brechas marginales a la Chimenea Braden. Se estudió la distribución de cuatro zonas de sulfuros hidrotermales tardíos las cuales se disponen adyacentes a la Chimenea Braden y se relacionan claramente con la alteración. Se discute el carácter tardío de esta mineralización planteando que su diferencia con la etapa hidrotermal principal se debe a que la etapa tardía debe su origen a otro cuerpo intrusivo (latita) y que en general procesos de caracterización similares en otros yacimientos han sido definidos como hidrotermales principales.

Finalmente la información fue interpretada teóricamente planteando una evolución geológica de la alteración y la mineralización en el sector oeste del yacimiento.

Profesor Guía: Sr. Boris Alarcón

04.01.1983

## GEOLOGIA ECONOMICA DEL YACIMIENTO CURPIFERO MANTOS DE LA LUNA

Gerhard Greiner Ackermann

Se presentan los resultados del estudio geológico de una franja de aproximadamente 900 km<sup>2</sup> en la Cordillera de la Costa de la II Región, comprendida entre las latitudes 22° y 22°30'S y las longitudes 70°04' y 70°15'W. Se realiza, además, una evaluación geológico-minera del yacimiento cuprífero Mantos de la Luna del Distrito Minero Huanillos-Batuco.

El marco geológico regional está formado por un gran roof-pondant de lavas andesíticas correspondientes a la formación jurásica La Negra, dispuesto sobre el Batolito de la Costa, de carácter granitoide, de probable edad jurásica-cretácica. La estructura regional esta dominada por un homoclinal N10°W/30°E y por un fuerte diaclasamiento distensivos NS. Se reconoce tres sistemas principales de fallas regionales, dos de ellos relacionados a procesos tectónicos de magnitud continental y el tercero asociado a ajustes hidrostáticos verticales de bloques.

En el área se encuentran diversos distritos mineros, formados exclusivamente por

yacimientos cupríferos. Estos fueron diferenciados en seis tipos: vetas profundas en granitoides y andesitas; yacimientos estratiformes primarios y secundarios en andesitas; yacimientos exógenos; y depósitos hidrotermales.

El yacimiento Mantos de La Luna está conformado por tres lentes mayores mantiformes, controlados por la estratificación de las andesitas encajadoras, por sistemas de diaclasas abiertas y por la abundancia de vesículas de gases de las lavas.

La mena está constituida exclusivamente por minerales oxidados de cobre, y la ganga está formada por cuarzo, calcita, yeso y limonitas. La asociación de minerales indica un metamorfismo de temperatura baja a media.

La clasificación primaria del yacimiento corresponde a mesohipothermal. Debido a la total oxidación in situ de los minerales primarios, se sugiere que, el yacimiento actual sea clasificado como "Secundario Oxidado en Andesitas", diferenciándolo de otros tipos de yacimientos de cobre oxidados.

Se estima que en este yacimiento permanecen reservas superiores a 300.000 toneladas de minerales con una ley media de 2,2% de Cu soluble.

Profesor Guía: Sr. Federico Peebles

04.01.1983

## GEOLOGIA DE LA PRECORDILLERA DE COPIAPO, ENTRE PUQUIOS Y SIERRA LA TERNERA, PROVINCIA DE COPIAPO, III REGION

Patricio Sepúlveda Hernández

El estudio del sector comprendido entre Puquios y Sierra La Ternera, ubicado a 45 km al este de Copiapó, permite reconocer rocas estratificadas, sedimentarias y volcánicas, del Triásico al Terciario, intruidas por granitoides meso-cenozoicos. La unidad más antigua, de probable edad triásica inferior (?) media, corresponde a conglomerados y areniscas rojas (Estratos de Quebrada Las Chilcas) acumulados en un ambiente de sedimentación continental de tipo abanico fluvial. En el Triásico Superior (documentado con flora fósil) se depositaron lavas, areniscas y conglomerados (Formación La Ternera) en depresiones tectónicas, donde se desarrollaron facies de transición a ambientes marino-deltaicos.

En concordancia sobre los terrenos del Triásico Superior, se disponen secuencias detríticas y calcáreas (Formación Lautaro) de espesor variable que representan el ingreso generalizado del mar en el Sinemuriano, el que se mantuvo en la zona hasta el Bajociano-Caloviano (?). Con posterioridad se depositaron 860 m de areniscas rojas y volcánitas andesíticas (Estratos de Escorial) que se acumularon en un ambiente transicional marino-continental durante el Jurásico Superior a Cretácico Inferior.

Un nuevo ciclo marino se registra en el Cretácico inferior, depositándose volcánitas andesíticas y 270 m de calizas fosilíferas del Valanginiano superior-Barremiano (Grupo Chañarcillo), sobre las cuales se disponen 1.350 m de areniscas y lavas andesíticas (Formación Bandurrias) del Cretácico Medio provenientes de un arco volcánico ubicado al occidente de la región.

En discordancia sobre las secuencias ya descritas, se acumularon durante el Cretácico Superior-Terciario Inferior, volcánitas andesíticas, brechas epiclásticas, areniscas y escasos niveles calcáreos (Formaciones Quebradas Paipote y Cerrillos). Ellas representan un ambiente de depositación volcánico continental, acompañado en algunos casos de

cuenas lacustres restringidas. Discordantemente sobre la Formación Cerrillos, se depositaron nuevamente volcanitas andesíticas, areniscas y calizas lacustres (Formación Venado) del Paleoceno-Eoceno. Con posterioridad, entre el Eoceno a Mioceno inferior (?), se acumularon secuencias piroclásticas ácidas con intercalaciones de lavas dacíticas y calizas (Estratos de Cerro Puquios), los que en la zona de Sierra La Ternera alcanzan 1.100 m de espesor.

En la región afloran tres cuerpos intrusivos principales: el Stock del Cerro La Ternera de composición granítica-granodiorítica, de probable edad jurásica media-cretácica superior; el Batolito de Cerro Medanos de composición monzogranítica-granodiorítica, de edad paleogena; y, el intrusivo de la quebrada de Dadín de composición riódacítica, de edad similar al anterior.

La zona de Puquios-Sierra La Ternera ha sido afectada, a lo menos, por tres etapas de deformación. La primera (D<sub>1</sub>) ocurrida durante el Cretácico Medio-Superior, con desarrollo de pliegues de gran longitud de onda; la segunda (D<sub>2</sub>) en el Paleoceno (?), caracterizada por cabalgamiento subhorizontales de desplazamiento kilométrico (D<sub>3</sub>) ocurrida en el rango post-eoceno pre-mioceno superior, origina fallas inversas regionales de alto ángulo que producen un remodelado importante en la topografía. A consecuencia de esta última deformación, se produjo un importante evento erosivo y la concomitante depositación de gravas y tobas ácidas durante el Mioceno (Gravas de Atacama), las que en el Plioceno-Holoceno fueron a su vez erosionadas, en parte, por los fenómenos de escurrimiento superficial concentrado que originaron la actual red de drenaje.

Profesor Guía: Sr. Constantino Mpodozis

19.01.1983

## PETROGRAFIA Y PETROLOGIA DE LOS CUERPOS INTRUSIVOS DE LA MINA POTRERILLOS, REGION DE ATACAMA

Alfredo Parra Mesina

En el complejo intrusivo de la Mina Potrerillos se reconocen varias unidades. Las unidades mayores son el Pórfido de Grano Fino-Potásico (PGFP) y el Pórfido de Grano Grueso-Feldespático (PGGF). Las unidades menores son: el Pórfido de la Zona de Transición, las Brechas Igneas, el Pórfido Brechoso Silicificado, los filones Tardíos y "Pebble-dikes".

El primer evento intrusivo corresponde al PGFP de composición monzogranítica, caracterizado por una intensa alteración potásica temprana asociada a abundante vetización de cuarzo. Esta unidad es la que presenta mayor grado de mineralización.

El PGGF intruye al PGFP. Es de composición monzogranodiorítica y tiene alteración potásica débil a moderada, vetización de cuarzo más espaciada y menor grado de mineralización que el primer intrusivo.

El Pórfido de la Zona de Transición corresponde a una unidad litológica donde se confunden las características texturales y mineralógicas de las unidades mayores.

Los cuerpos de Brechas Igneas intruyen al PGFP, o aparecen cercanas a los contactos entre este intrusivo y el PGGF. Se caracterizan por la presencia fragmentos del PGFP en una matriz cristalina de textura porfírica.

El pórfido Brechoso Silicificado es claramente diferenciable de las demás unidades sin embargo, evidencias apoyadas en antecedentes petrográficos y químicos indican que correspondería a una facie del PGGF, el cual fue localmente afectado por una intensa

deformación asociada a fallamiento y posterior silicificación.

Los Filones Tardíos son pequeños cuerpos de roca fresca de textura porfírica. Ellos son estériles y evidencian una actividad intrusiva más tardía que los pórfidos mineralizados.

Pequeños "Pebble-dikes" intruyen al PGFP a través de planos de fracturas. Estos se caracterizan por la presencia de abundantes fragmentos redondeados de los dos intrusivos principales en una matriz clástica constituida por fragmentos menores y roca molida.

Los procesos de alteración están estrechamente relacionados a la mineralización existente. La secuencia es: a) Alteración potásica silicatada (tardimagmática) con bornita y calcopirita como principales sulfuros asociados, y b) Alteración sericitica (hidrotermal), asociada a enargita-pirita. Se observa una estrecha relación entre las zonas de alteración y la distribución de sulfuros, a su vez, ambos aspectos se relacionan con la distribución de las unidades mayores.

Se ha comprobado la existencia de importantes variaciones químicas inducidas por los diferentes procesos de alteración. Antecedentes de carácter geoquímico sugieren que el contenido de Rb original del PGGF es mayor que en el PGFP, lo que implica probablemente una concentración de Rb en la fuente magmática por diferenciación.

Por otra parte los diagramas de variación de óxido definen líneas evolutivas que pueden explicarse mediante un proceso de diferenciación por fraccionamiento a partir de la misma cámara magmática.

Una datación K/Ar efectuada en biotita magmática del PGFP, dió como resultado  $37,1 \pm 0,5$  m.a., lo que es consecuente con los antecedentes de dataciones efectuadas anteriormente para este complejo intrusivo.

Se comparan los pórfidos de la Mina Potrerillos con los de El Salvador, encontrándose mayor similitud entre el PGGF y el Pórfido "L" de El Salvador. Asimismo, basados en antecedentes disponibles sobre lantánidos del PGGF y comparándolos con los del pórfido "L", se observa que ellos no contradicen el modelo de contaminación del manto a través de líquidos producidos por fusión parcial (5%) de los basaltos oceánicos subductados.

Profesor Guía: Sr. Mario Vergara

19.01.1983

## GEOLOGIA DEL AREA DEL RIO PASCUA Y CONSIDERACIONES GEOTECNICAS PARA EL PROYECTO DE EMBALSE EN EL SECTOR DE SUS ANGOSTURAS, REGION DE AYSEN

Miriam Brockway Adriaola

En el área de estudio, afloran rocas metasedimentarias que son parte del basamento paleozoico. En esta unidad se han separado cuatro unidades litoestratigráficas, las que son: Secuencia del Lago Quiroz, constituida predominantemente por rocas metasedimentarias calcáreas y silíceas; Secuencia del Lago Bórquez, constituida por metasedimentita detríticas, principalmente meta-areniscas; Secuencia Río Pascua constituida por una alterancia rítmica de metalutita y meta-arenisca y la Secuencia de la Angostura San Vicente constituida por rocas sedimentarias de grano fino, principalmente metalutita.

La actividad magmática intrusiva, probablemente de edad cretácica, está representada por diques de diversa composición que varía desde riolítica a basáltica y que intruyen

a las rocas por planos de fracturas, paralelos a direcciones de fallas importantes.

Existen, además depósitos no consolidados pleistocénicos de origen fluvial, fluvio-glacial y glacial, y recientes de tipo fluvial y de escombros de falda.

En las rocas metasedimentarias se reconocieron por lo menos 4 fases de deformación: la primera y más penetrativa desarrolló la primera foliación, dispuesta paralela a la estratificación y pliegues isoclinales ( $B_1$ ), la segunda fase generó una segunda foliación oblicua a la primera, pliegues isoclinales ( $B_2$ ) y probablemente fracturas rellenas principalmente por cuarzo, la tercera deformación produjo pliegues de tipo "kink", clivaje de fractura, fallas y probablemente diaclasas, tanto cerradas como abiertas. Finalmente tuvo lugar una cuarta deformación que se manifiesta por la presencia de diaclasas o fracturas en las que no se pudo evidenciar desplazamiento.

En la zona estudiada, se ha reconocido un conjunto de rasgos de erosión y formas de acumulación causada por dos agentes principales: el hielo y la acción fluvial.

En el sector de las angosturas del Río Pascua se han reconocido rocas correspondientes a las secuencias Río Pascua y Angostura San Vicente. El análisis cualitativo de las propiedades de estas rocas como base de fundación de los muros de tierra y sus características de excavación en relación a los problemas en obras de túneles permiten estimar que son en general aceptables para la fundación de las obras principales, sin embargo, estos estudios no son suficientes para definir globalmente el proyecto de embalse.

Profesor Guía: Sr. Tsuyoshi Nishimura

19.01.1983

## GEOLOGIA Y POTENCIALIDAD DE LA ANOMALIA URANIFERA CERRO CARMEN DIEGO DE ALMAGRO, III REGION

Guillermo Cabrera Isaza

La zona estudiada se ubica en la III Región, a 14 km al noroeste de Diego de Almagro. Está constituida esencialmente por rocas volcánicas de composición andesítica que se han correlacionado con los Estratos de los Cerros Florida de edad neocomiana. Intruyen a esta unidad cuerpos hipabisales de carácter ácido a intermedio y un Complejo Granitoide de edad Cretácico Inferior que incluye principalmente granodioritas y monzonitas cuarcíferas.

La intrusión de este Complejo Granitoide produce fenómenos metasomáticos de contacto a mediana temperatura que dan origen a la anomalía uranífera Cerro Carmen. Dicha anomalía se relaciona a cuerpos alargados, de pequeñas dimensiones que presentan las siguientes características.

- Ocurrencia en rocas híbridas o de mezcla
- Silicificación y escapolitización intensa
- Control por falla y fracturas
- Radiometría anómala

La mineralización uranífera es hipógena, y corresponde a davidita, la que se presenta en forma diseminada en intercrecimiento con magnetita, hematita, y cantidades menores de ilmenita y rutilo.

Su escaso tonelaje, contenido bajo en uranio y alto costo de tratamiento metalúrgico le confieren a esta anomalía un carácter sub-económico. Su estudio, sin embargo confir-

ma una buena potencialidad del ambiente metamórfico de contacto asociado a volcánitas neocomianas e intrusivos granitoides Cretácicos.

Profesor Guía: Sr Boris Alarcón

11.05.1983

## GEOLOGIA DEL SECTOR OCCIDENTAL DE LA COMUNA DE FUTALEUFU PROVINCIA DE PALENA. DECIMA REGION DE LOS LAGOS. CHILE

Juan Castillo González

Se confeccionó un mapa geológico a escala 1:50.000 del sector occidental de la comuna de Futaleufú.

En el área se reconocieron las siguientes unidades litoestratigráficas de la cobertura meso-cenozoica: Formación Huemul, volcánica continental (Lías) y Miembro Tres Monjas de la Formación Tamango, sedimentario marino (Toarciano y Bajociano), ambos pertenecientes al Grupo Futaleufú; Formación Alto Palena (?), sedimentaria marina (Titoniano a Hauteriviano Superior), y Formación la Cascada, sedimentaria marina (Eoceno).

La presencia de un basamento estaría representado por metamorfitas en estructura "roof-pendant" (Paleozoico?) y por roca plutónicas tonalíticas (pre-Jurásico?).

La presencia de Batolito Futaleufú (Cretácico Superior a Terciario Inferior?) y de rocas filonianas representadas por diques dacíticos (Terciarios?) y diques andesíticos (Terciario?) y diques andesíticos más jóvenes (pre-Pleistoceno?), produce un efecto de alteración hidrotermal y metamorfismo de contacto en las rocas de la cobertura.

Estructuralmente el área se caracteriza por una tectónica simple, sin plegamientos y con una actitud homoclinal de las secuencias estratificadas. Todas las unidades litológicas están afectadas por un intenso fracturamiento.

La geomorfología de la región corresponde a un típico modelado glacial con rasgos fluviales en etapa juvenil.

Se reconocieron en el área tres sectores con manifestación mineral de poca importancia y cuya mena principal está constituida por sulfuros de cobre.

Se presenta un esquema actualizado de las condiciones paleogeográficas imperantes en la región durante el Terciario, en especial durante el período que se deposita la Formación La Cascada (Eoceno). Se postula la existencia de un canal o brazo de mar para este período, el cual habría conectado las cuencas Austral (Magallanes) y Pacífica (Arauco).

Profesor Guía: Sr. Ricardo Thiele

09.05.1983

## GEOLOGIA Y EVALUACION DEL YACIMIENTO DEL TIPO PORFIDO CUPRIFERO DE CHUQUI NORTE, SEGUNDA REGION DE ANTOFAGASTA

Pedro Guzmán Vivanco

El yacimiento Chuqui Norte, ubicado en la provincia de El Loa, Segunda Región de Antofagasta, a 4,5 km al norte de la mina Chuquicamata, corresponde al sector norte

del Complejo Mineralizado de Chuquicamata, sepultado bajo una cubierta de gravas de 85 m de espesor.

La roca huésped es un pórfido de composición intermedia, de 14 km de longitud, mineralizado con calcopirita, bornita, algo de digenita, pirita, escasa molibdenita y muy escasa enargita. Presenta un enriquecimiento supérgeno en mineral oxidado, donde predominan la atacamita y crisocola, y una pequeña capa de enriquecimiento en sulfuros con calcosina y covelina. Las leyes primarias son del orden de 0.4% de Cu T, mientras que en la zona de enriquecimiento se alcanzan leyes hasta de 1.4% de Cu T.

Aquí se diseñan procedimientos de estimación de recursos y reservas que forman parte del Sistema de Información Geológica que desarrollan los geólogos de Chuquicamata y que consisten en obtener, con apoyo computacional, una adecuada caracterización geológica del yacimiento, dividiéndolo en zonas geológicamente homogéneas y aplicando en ellas técnicas estadísticas y geoestadísticas, junto con algoritmos que utilizan el concepto de media móvil.

Con estos procedimientos se han obtenido estimaciones más confiables y completas que las conseguidas por métodos tradicionales, que no consideran un modelo de la geología del yacimiento, en que se regionalicen las variables por predecir, de acuerdo al nivel de reconocimiento alcanzado.

Profesor Guía: Sr. Federico Peebles

12.07.1983

## GEOLOGIA DEL SECTOR ALTO PALENA - PUERTO RAMIREZ CHILOE CONTINENTAL

Gastón Romero Aguilera

El levantamiento geológico a escala 1:100.000 del área Alto Palena - Puerto Ramírez, X Región, permite distinguir dos unidades lito-estratigráficas: Formación Alto Palena, (Titoniano-Neocomiano), compuesta por sedimentitas marinas fosilíferas, y Formación Cordón de las Tobas (Aptiano-Albiano), compuesta principalmente por epiclástitas continentales. Ambas formaciones están intruídas, con desarrollo de alteración hidrotermal y aureolas de metamorfismo de contacto, por monzogranitos, sienogranitos y dioritas pertenecientes al Batolito Patagónico (Cretácico Superior), y por cuerpos subvolcánicos andesíticos (Eoceno ?).

Todo el conjunto se encuentra fracturado, lo cual determina la estructura de bloques homoclinales con escaso y suave plegamiento que caracteriza al sector. La estructura señalada y la acción glaciaria son los principales factores que controlan la morfología del área.

A escala regional se plantea la continuidad paleogeográfica del extremo meridional de la Cuenca Andina, o Cuenca de Neuquén, en la Nord-Patagonia, asimilando la evolución geológica de estos sectores en el lapso Titoniano-Cretácico Inferior.

No obstante lo anterior, la Nord-Patagonia presenta algunas características peculiares, entre las cuales cabe destacar que los rasgos tectónicos compresivos, virtualmente ausentes en el sector andino, aparentemente se presentan en la región sub-andina oriental; en forma tentativa, esta situación se atribuye a una tectónica regmática, exclusiva del sector analizado.

Profesor Guía: Sr. Ricardo Thiele

28.09.1983

## GEOLOGIA Y CONSIDERACIONES GEOTECNICAS DEL PROYECTO EMBALSE MINDU EN MOROGORO, REPUBLICA DE TANZANIA

Arturo Vergara González

El presente estudio tiene relación con las características geológicas-geotécnicas del área del embalse Mindu proyectado para el almacenamiento de 11 millones de metros cúbicos, destinado al abastecimiento de agua potable e industrial para la localidad de Morogoro, República de Tanzania.

La presa de tierra que cierra el embalse de 1.600 m de longitud de coronamiento y 16 m de altura máxima fue construída entre las montañas Mindu y Uluguru sobre el valle del río Ngerengere, el cual drena una hoya hidrográfica de alrededor de 500 km<sup>2</sup>.

En el área del embalse afloran fundamentalmente rocas precámbricas que ocupan un 60% del área, correspondientes a granulitas, gneisses y migmatitas asignadas al Sistema Usagariano de edad Arqueozoica. Pegamatitas de edad posterior intruyen a las rocas precámbricas. Suelos rojos residuales de edad neogénica ocupan un 30% del área. El resto de los depósitos corresponden a depósitos de piedemonte y depósitos aluviales transportados por el río Ngerengere.

El sitio de emplazamiento de la presa reconocido mediante una extensa exploración por sondajes y calicatas consiste en depósitos aluviales actuales y subactuales del río Ngerengere y representa gran parte de las fundaciones de la presa. El empotramiento izquierdo de la misma corresponde a rocas migmatíticas de Mediana a Buena calidad geotécnica que permitieron su fundación directamente sobre ellas, como asimismo del vertedero y obras anexas.

En el área del embalse no existen evidencias de fallas activas que puedan incidir en la seguridad de las obras que contempla el proyecto. De la misma manera no existe un registro de actividad sísmica en la región.

Para evitar las potenciales filtraciones bajo el muro se ha construído un tapete impermeable de arcillas sobre los rellenos fluviales del río Ngerengere y una pantalla de inyecciones de cemento en la roca fundamental que aflora en el costado izquierdo de la presa.

Se ha considerado además que los sedimentos transportados por el río al depositarse formarán un tapíz natural impermeable que reducirá paulatinamente las eventuales filtraciones bajo la presa de tierra.

La zona de inundación del embalse no presenta potenciales problemas de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que pongan en peligro la seguridad de la presa, obras anexas y población situada aguas abajo de la presa.

Los materiales para la construcción de la presa y obras anexas fueron prospectados, analizados y posteriormente explotados en las vecindades del sitio de la presa en calidad y cantidad más que suficiente para las necesidades del proyecto.

El principal problema geotécnico detectado fue originado por la existencia de un nivel freático superficial en el sitio de la presa, lo que obligó a emplear una batería de pozos de puntera para deprimirlo y permitir de esta manera fundar la presa sobre sedimentos aluviales secos.

Profesor Guía: Sr. Pablo Talloni

13.10.1983

## ESTUDIO GEOLOGICO DEL YACIMIENTO SATELITE CAMPAMENTO ANTIGUO, EL SALVADOR, III REGION

Sergio Godoy Palma

El yacimiento satélite Campamento Antiguo, objeto de este estudio, está ubicado 3 km al norte de la mina El Salvador.

En el área afloran rocas volcánicas andesíticas pertenecientes a la formación Cerrillos, intruidas por filones riolíticos, filones de pórfido cuarcífero, cuerpos de brecha de turmalina, filones latíticos y pebble dikes, en este mismo orden cronológico. Relacionadas al emplazamiento del pórfido cuarcífero se presentan zonas de alteración y mineralización que definen al yacimiento satélite Campamento Antiguo como un yacimiento del tipo pórfido cuprífero.

En la zona central se presenta una zona de alteración potásica acompañada de una asociación de sulfuros primarios constituidos por calcopirita-bornita con pirita subordinada. En torno a la zona central existe una zona de alteración sericítica acompañada por pirita con calcopirita subordinada. Dentro de la zona sericítica se presenta un sector con alteración argílica avanzada caracterizada por la presencia de alunita y pirita no lixiviada. Rodeando a las zonas de alteración existe un halo externo de alteración propilítica de sulfuros primarios, que grada externamente a rocas frescas.

El área mineralizada se restringe esencialmente a la zona de alteración potásica, reconociéndose en superficie una zona de oxidación representada principalmente por brochantita, crisocola y copper wad. Bajo la cubierta de minerales oxidados se presenta un horizonte de enriquecimiento supergénico de poco espesor con calcosina secundaria. Hacia abajo se desarrolla una zona primaria caracterizada principalmente por calcopirita, pirita y bornita.

Profesor Guía: Enrique Tidy

14.10.1983

## PROSPECCION Y EVALUACION DE YACIMIENTOS DE ARCILLA PARA LA ELABORACION DE CEMENTO EN EL SECTOR DE MONTENEGRO REGION METROPOLITANA

Christian Czollak Dupin

En el sector de Montenegro, distante 62 km al Norte de la ciudad de Santiago, existen importantes yacimientos de arcilla con alto contenido de alúmina, que actualmente son explotados por la fábrica de cemento Polpaico y por la Cía Minera Lailhacar Hnos. y que han sido estudiados con la finalidad de evaluarlos para su uso en la elaboración de cemento, determinando, además, nuevas áreas de interés.

Afloran en el sector rocas estratificadas, sedimentarias y volcanoclásticas de la Formación Las Chilcas de edad cretácica superior, las que están intruidas por cuerpos hipabissales de composición diorítica a andesítica, del Oligoceno - Mioceno; ambas unidades están cubiertas por depósitos aluviales, coluviales y gravitacionales del Cuaternario.

Los resultados del presente estudio, confirman el origen laterítico propuesto por autores anteriores, el cual se fundamenta aquí por la relación entre los contenidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Factor K) y por el alto contenido de  $\text{TiO}_2$ .

La laterización habría afectado principalmente a brechas volcánicas pertenecientes a niveles superiores de la Formación Las Chilcas, las que posteriormente fueron cubiertas por sedimentos clásticos de la mencionada formación. Como resultado del proceso de laterización, se formó un manto de arcilla, diferenciable en cuatro niveles de acuerdo a sus características físicas y químicas.

Los dos niveles superiores presentan en general los contenidos más altos en alúmina y más bajos en sílice, siendo ambos favorables para utilización en la elaboración de cemento y que integran el denominado Grupo I. Los dos inferiores, que constituyen el Grupo II, presentan contenidos de alúmina y sílice desfavorables para ese uso.

Las reservas indicadas son de 2.900.000 ton de arcillas pertenecientes al Grupo I y 2.800.000 ton para el Grupo II.

Profesor Guía: Sr Anibal Gajardo

15.12.1983

## EL MOLIBDENO EN EL PORFIDO CUPRIFERO DE EL SALVADOR

Nicolás Fuster Silva

En el Pórfido Cuprífero de El Salvador, ubicado en la III Región, existe una mineralización importante de molibdeno, además de la del cobre.

La mayor cantidad de molibdeno se depositó, fundamentalmente, en la forma de molibdenita durante la Etapa de Mineralización Transicional, asociada intrínsecamente a vetillas de cuarzo Tipo "B". Subordinadamente y en menor cantidad, existe una mineralización de este elemento durante las Etapas Tempranas y Tardías de mineralización y alteración.

Las únicas especies mineralógicas diferentes de la molibdenita corresponden a lindgrenita, mineral escaso identificado en la zona de oxidación y powellita, identificado en la zona primaria. Altas anomalías de molibdeno registradas en superficie y en testigos de sondajes de la zona de oxidación, reflejan cantidades importantes de este elemento absorbido en jarosita.

En el depósito no se ha producido un enriquecimiento secundario de molibdeno. El carácter ácido de las soluciones percolantes, producto de la oxidación de los sulfuros de cobre y hierro, no produjo una removilización de este elemento, ya que éste forma compuestos insolubles y estables en ambientes con un pH menor que 6.

En general, no existe un control litológico para la distribución del molibdeno. Sin embargo, los valores de ley más altos se restringen a dos centros asociados a la intrusión del pórfido "L", los cuales forman una zona arqueada, abierta hacia el noroeste. En estudios estadísticos del contenido de molibdeno en diferentes rocas del depósito, se confirma una relación genética entre el pórfido "L" y la mineralización principal de este elemento.

Respecto de la alteración, se puede afirmar que la mineralización de molibdeno no sigue un esquema definido.

En estudios de politipos de molibdenita realizados en muestras obtenidas de vetillas de cuarzo y de "smears", se concluye que en las vetillas de cuarzo tipo "A" existe sólo el politipo 2H<sub>1</sub>, mientras que en las vetillas "B" y en los "smears", existe una mezcla de los politipos 2H<sub>1</sub> y 3R. En las muestras que contienen el politipo 3R el contenido de renio es mayor.

De acuerdo a todos los antecedentes geológicos estudiados, se concluyen que la mineralización principal de molibdeno en El Salvador es posterior a la mineralización principal de cobre.

En el presente estudio se incluye, además, una breve reseña de la Geoquímica del molibdeno y de la distribución de este elemento en yacimientos con mineralización diseminada.

Profesor Guía: Enrique Tidy

22.12.1983

## GEOLOGIA ECONOMICA DEL DISTRITO MINERO CHALACO Y EVALUACION DEL YACIMIENTO LOS PLOMOS, SAN FELIPE, V REGION

Claudio Castro Cádiz

El área estudiada se ubica entre los paralelos 32°15' y 32°34' latitud sur y los meridianos 70°15' y 70°40' longitud oeste, en la que afloran secuencias de rocas estratificadas volcánicas y sedimentarias clásticas continentales depositadas durante el lapso Cretácico superior-Mioceno superior las que han sido agrupadas en dos unidades que están separadas por una discordancia angular.

- Unidad Inferior (Formación Abanico) Cretácico superior-Oligoceno.
- Unidad Superior (Formación Farellones) Oligoceno superior-Mioceno superior.

La unidad inferior presenta pliegues sinclinales y anticlinales cuyos ejes tienen un rumbo preferencial NNO y sus flancos mantean 20° y 40° al NE y SO. La unidad superior presenta una actitud homoclinal sub-horizontal.

Diversas fallas normales de rumbos NNE y NS han afectado las rocas de ambas unidades.

Las rocas intrusivas corresponden a:

- Stocks granodioríticos (Paleoceno-Post Mioceno)
- Cuerpos intrusivos dacíticos (Mioceno superior)
- Diques dacíticos (Mioceno superior)
- Intrusivos andesíticos-basálticos (Mioceno medio-inferior)

Dentro del área estudiada existen sectores que constituyen recursos identificados como son:

- Yacimientos vetiformes (Sectores San José, Sector Cuesta de la Mina de Plata, Sector Las Tomas, Sector El Maitén y Sector Los Plomos) con mineralización de cobre, plomo-zinc-plata, cobre-plomo-oro, plomo-zinc, y se encuentran emplazados de preferencia en rocas de la Unidad Inferior.
- Yacimientos estratiformes (Sector María Auxiliadora- Los Quillayes, Sector Flautero) con mineralización de cobre y plata, y se ubican en rocas de la Unidad Inferior.

Y sectores que constituyen recursos especulativos como son:

- Zona de alteración (Morro Colorado, Viscachita - Las Tejas, Morro El Tábano, Chiflón Central, etc), ubicada de preferencia en rocas de la Unidad Superior.

El yacimiento Los Plomos ubicado en el sector occidental del área estudiada consiste en tres vetas de rumbo general N-S y se emplazan en rocas de la Unidad Inferior.

La escasa mineralización existente en las vetas consiste en galena con blenda y calcopirita subordinada, la que se encuentra en una ganga de cuarzo.

Sobre las corridas de las vetas se efectuaron varias zanjas con el propósito de reconocer

corridas, variaciones de potencia y la eventual presencia de lentes mineralizados cercanos a la superficie. Además se realizó un muestreo tanto en las zanjas como en las labores existentes, los que se analizaron por plomo, zinc, plata y cobre en algunos casos.

De las observaciones y los muestreos realizados se concluyó que en las corridas estudiadas de las vetas, no existen cuerpos cercanos a la superficie, y en la mayor parte de sus corridas sólo se observan vetas de cuarzo prácticamente estériles.

Profesor Guía: Sr. Federico Peebles

27.12.1983

## EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA DE LA PENINSULA DE ARAUCO DURANTE EL CRETACICO SUPERIOR-TERCIARIO

María Pineda Mascayano

Se presenta un esquema de evolución paleogeográfica, que explica los cambios verticales y las variaciones laterales de facies de las unidades litoestratigráficas reconocidas en la superficie y superficie de la península de Arauco.

La evolución paleogeográfica de esta cuenca se inicia en el Cretácico Superior y está controlada, esencialmente, por el alto topográfico de Lebu, el cual define dos depresiones:

- al N, una depresión principal, cuyo margen oriental se ubica en la zona de Carampangue-Curanilahue; su margen occidental, que se define en el Eoceno Medio, corresponde al alto topográfico de Punta Lavapié-Huenapidén-Lebu.
- al S, una depresión de menor desarrollo, cuyo margen noroccidental corresponde al alto topográfico de Lebu; su margen suroriental se ubica en la región este de Trihueco y de Cuyinco.

En el desarrollo de la cuenca de Arauco se reconoce un control estructural que se inicia, posiblemente, durante el Eoceno, con una tectónica de bloques. Por este motivo, los altos topográficos corresponderían a estructuras de tipo horts y las depresiones a graben.

Las direcciones principales para las fallas mayores que se reconocen en el área son, de más antigua a más joven: N20° - 25° E, N15° - 20°W y N70° - 75°E.

En esta área se reconocen cuatro discordancias que se ubican en la base del Señoniano, del Eoceno, del Mioceno y del Plioceno, y que corresponden, respectivamente, a las fases tectónicas Subhercínica, Larámica, Incaica y Quechua. Esta se manifiestan en la cuenca de Arauco con Movimientos epeirogenéticos. La fase plio-pleistocénica, que desarrolla una tectónica de fallas distensivas, da a la Península de Arauco su aspecto actual.

Mediante el análisis de facies se confirma que algunas de las formaciones que se superponen en el sector oriental de la cuenca de Arauco, se presentan hacia el W interdigitadas constituyéndose en facies heterópicas. Este es el caso de las Formaciones Curanilahue con Boca Lebu y Trihueco con Millongue.

Profesor Guía: Sr. Ricardo Thiele

16.01.1984

# GEOLOGIA DE SUBSUPERFICIE DEL AREA AL SUR DEL RIO LEBU, VIII REGION

Alejandra Arévalo Troncoso

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del estudio de subsuperficie de la secuencia sedimentaria reconocida en 11 de los sondajes efectuados por el Comité de Carbones CORFO y en 1 de los realizados por ENAP, en el sector ubicado al sureste de la ciudad de Lebu.

Para satisfacer las exigencias de este trabajo de investigación, se analizaron 1.120 muestras, atendiendo a sus características líticas y micropaleontológicas.

Las conclusiones más importantes que pueden destacarse son las siguientes:

- 1) La presencia de dos niveles estratigráficos diacrónicos con mantos de carbón en el sector de Lebu, representados por los mantos de carbón que afloran en la costa, actualmente correlacionados con la Formación Trihuco y por aquellos reconocidos en los sondajes efectuados por el Comité de Carbones CORFO y por ENAP al sureste de la ciudad de Lebu. Ambos episodios están separados por el plano de tiempo representado por el techo de *Morozovella velascoensis*, calibrado en 54 m.a. Sobre este plano se hallan los mantos de carbón que afloran en la Punta Tucapele y bajo el mismo, los mantos de carbón reconocidos en subsuperficies por los sondajes estudiados.
- 2) El estudio sistemático de la microfauna presente en las muestras analizadas, ha permitido datar los siguientes hiata:
  - i) Mioceno Superior – Pleistoceno (?)
  - ii) Eoceno Inferior – Mioceno Inferior y
  - iii) Paleoceno Inferior
- 3) Los hiata determinados constituyen los límites de las unidades de subsuperficies definidas en esta oportunidad, interpretadas como aloformaciones. La unidad aloestratigráfica de subsuperficie son las siguientes:  
Aloformación Trancalco (Pleistoceno?)  
HIATUS  
Aloformación Curaco (Mioceno Inferior terminal – Mioceno Medio)  
HIATUS  
Aloformación Lebu (Paleoceno Superior – Eoceno Inferior basal)  
HIATUS  
Aloformación Los Pehuenches (Campaniano – Maestrichtiano)
- 4) La reinterpretación de la estratigrafía de subsuperficie efectuada en esta oportunidad, pone en evidencia la necesidad de renovar las ideas estratigráficas en uso en la zona. Como un método para solucionar los problemas estratigráficos existentes, se ha demostrado la conveniencia de emplear la información micropaleontológica para datar y correlacionar las unidades sedimentarias reconocidas.
- 5) Considerando los hiata implícitos en las discordancias regionales reconocidas en superficies en la Provincia de Arauco, se ha reinterpretado el esquema estratigráfico de superficie en términos de aloformaciones, el cual se propone informalmente en esta oportunidad y es como sigue:  
Aloformación Tubul (Plioceno Superior)  
Discordancia

Aloformación Navidad (Mioceno Medio)

Discordancia

Aloformación Concepción (Paleoceno Superior-Eoceno Medio)

Discordancia

Aloformación Quiriquina (Campaniano – Maestrichtiano)

Esta reinterpretación fue necesaria para correlacionar las unidades aloestratigráficas de superficies definidas en esta oportunidad, con sus equivalentes de superficie.

Profesor Guía: Rubén Martínez

03.08.1984

## ESTUDIO DE VETILLAS HIDROTERMALES (TIPO D) EN QUEBRADA BLANCA, I REGION, CHILE

Jorge Martini Vargas

Quebrada Blanca es un yacimiento tipo pórfido cuprífero ubicado en la Cordillera de Los Andes, en el extremo sur de la I Región. Sus coordenadas geográficas son: 21°00' latitud Sur y 68°48' longitud Oeste.

Varios de los rasgos típicos de los pórfidos cupríferos se repiten en Quebrada Blanca, como es el caso de las vetillas de cuarzo (tipo "A" y "B") y de las vetillas de pirita con halos de alteración sericitica (tipo "D"). Estas estructuras fueron definidas en el yacimiento El Salvador, donde se originó la nomenclatura usada en este trabajo y donde se determinó, además, que ellas representan etapas de mineralización-alteración temprana, intermedia y tardía dentro del sistema magmático-hidrotermal que origina a este tipo de yacimiento.

En este trabajo se determinan las características geométricas de las vetillas tipo "D" en Quebrada Blanca, las orientaciones preferenciales que tienen estas vetillas en los distintos tipos de roca presentadas en el Túnel de Exploración (nivel 4.150 m), la mineralogía presente en el relleno y en el halo de alteración, y se delimitan las zonas que presentan mayor densidad de estas estructuras.

Con datos obtenidos de sondajes se establece una zonación de acuerdo a la variación de la razón calcopirita/pirita en el relleno de las vetillas tipo "D" en un nivel ficticio (nivel 4.100m) por debajo del Túnel de Exploración. La referencia a este nivel fue necesaria para evitar los efectos distorsionadores del enriquecimiento secundario, ya que el Túnel de Exploración se encuentra en gran parte de esta zona.

Se establece la exigencia de dos generaciones de vetillas tipo "D" la primera de las cuales es de edad contemporánea o anterior a la formación de un cuerpo de brecha hidrotermal (Brecha "Vuggy") y la segunda, posterior a todos los tipos de roca presentes en el yacimiento. Ambas generaciones de vetillas "D" son posteriores a todo otro tipo de vetillas que existen en Quebrada Blanca.

Los rasgos tecturales presentes en la mineralogía del relleno y del halo de alteración permiten establecer la siguiente secuencia paragenética: cuarzo (molibdenita) – sericita → pirita (sericita) → calcopirita → bornita (luzonita-calcosina-digenita). La última de estas

asociaciones en una aparente textura de exsolución indicaría una temperatura de formación de 335° a 340°C.

Profesor Guía: Enrique Tidy

31.08.1984

**GEOLOGIA DEL YACIMIENTO GASIFERO TRANQUILO,  
PROVINCIA DE ULTIMA ESPERANZA, XII REGION**

Carlos Herrero Pisani.

Se entregan antecedentes de estratigrafía, sedimentología, características del entrapamiento y geoquímica de las sedimentitas terciarias en general y de la "Arenisca Tranquilo" en particular y que están relacionados con el entrapamiento de gas existente en el yacimiento homónimo.

La "Arenisca Tranquilo" almacenadora de gas, se ubica estratigráficamente en la base de la Formación Loreto (Terciario Medio) y se presenta como una alternancia de arcillolitas, limolitas, areniscas, areniscas calcáreas y mantos de carbón. La arenisca productora corresponde a una grauwacka lítica cuya fracción clástica está constituida por fragmentos líticos, cuarzo y feldespato y presenta un alto porcentaje de fracción matricial (> 15%) formada por una agregado fino de los minerales arriba indicados y por minerales arcillosos.

El entrapamiento de gas está asociado con un pliegue anticlinal, actuando como roca sello arcillolitas y limolitas pertenecientes a las "Arcillolitas de Río Negro" las que están ubicadas sobre la "Arenisca Tranquilo".

Considerando los antecedentes aportados por la ubicación en la columna estratigráfica general del área, sucesión litológica dentro del horizonte productor, estructuras sedimentarias (observadas en testigos), composición mineralógica y forma de las curvas de los perfiles geofísicos, se postulan un ambiente de depositación deltaico para la "Arenisca Tranquilo" distinguiéndose facies atribuibles a Frente Deltaico y Planicie Deltaica con los subambientes de Barra de Desembocadura de Distributario, Canales Distributarios y Paludal.

En relación con la geoquímica los análisis de las muestras de superficie indican un potencial de roca madre intermedio a bajo y un grado de maduración térmica de la materia orgánica de bajo a intermedio; mientras que en subsuperficie el potencial es bueno a intermedio y la maduración varía desde buena a intermedia-baja.

Profesor Guía: Eduardo González

03.09.1984

**DISTRIBUCION DE: SiO<sub>2</sub> CaO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - MgO - Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O, EN EL  
YACIMIENTO DE HIERRO EL ALGARROBO, VALLENAR**

Michel Galeb Nicolás

El yacimiento de hierro El Algarrobo, perteneciente a la Compañía Minera del Pacífico, está situado en la Cordillera de la Costa de la Tercera Región del País a 42 km al S,W de la ciudad de Vallenar. En la actualidad, lo conforman los cuer-

pos: Algarrobo C y Penoso, los cuales se explotan a tajo abierto.

El depósito está emplazado en la parte occidental de un posible roof-pendant elongado en dirección N.S., constituido por rocas volcánicas de probable edad neocomiana y rodeado por rocas intrusivas cretácicas.

Se ha estudiado la geología en detalle de los dos últimos niveles de producción de los cuerpos Algarrobo C y Penoso, realizándose un muestreo geoquímico principalmente de las unidades mineralizadas, para determinar la distribución espacial y estadística de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , así como también la relación de estos elementos, con la mineralogía y geología de los niveles en estudio.

En el área se reconocieron principalmente como unidades litológicas, metandesitas, filones andesíticos, y las diferentes variedades de ocurrencia de la mena, que corresponde a mineralización maciza-brechosa, brechosa y guías y diseminado en la roca de caja.

En forma global, para la mena con leyes superiores a 50% FeO total, en ambos sectores del yacimiento, los valores más comunes de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , se ubican entre los siguientes rangos: 0,96% - 17,8%; 0,04% - 2,90% : 0,20% - 2,00%; 0,02% - 0,13%; 0,02% y 0,17% respectivamente.

Espacialmente, se observó en general que los bajos contenidos de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , ocurren en los cuerpos de altas leyes de FeO total con texturas macizas y/o macizas brechosa. Contenidos moderados a intermedios de los óxidos antes citados, se relacionan con la mena maciza brechosa y/o brechosa. Finalmente, las altas concentraciones de dichos óxidos ocurren principalmente junto a la mena diseminada en metandesitas, en filones andesíticos y en roca de caja. Los diferentes contenidos de CaO, ocurren indistintamente en la mena de alta ley de hierro, como en filones andesíticos y en la roca de caja.

Del estudio de coeficientes de correlación, se estableció una correlación inversa casi perfecta entre: FeO total -  $\text{SiO}_2$  y FeO total -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  correlación inversa imperfecta entre: FeO total -  $\text{MgO}$ ; FeO total -  $\text{Na}_2\text{O}$ ; FeO total -  $\text{K}_2\text{O}$ . Correlación directa casi perfecta entre;  $\text{SiO}_2$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Correlación directa imperfecta entre  $\text{SiO}_2$  -  $\text{MgO}$ ;  $\text{SiO}_2$  -  $\text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{SiO}_2$  -  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{MgO}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{K}_2\text{O}$ . No existe correlación entre FeO total - CaO, ni entre CaO y los demás elementos en estudio.

Los contenidos de  $\text{SiO}_2$  se atribuyen a la presencia de cuarzo, clorita, actinolita, ortoclasa y plagioclasa;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se atribuye a la presencia de clorita y ortoclasa,  $\text{MgO}$ , a la presencia de clorita y actinolita;  $\text{Na}_2\text{O}$  a la presencia de plagioclasa;  $\text{K}_2\text{O}$  a la presencia de ortoclasa y biotita; finalmente, los contenidos de CaO son atribuidos a la presencia de calcita.

Profesor Guía: Fernando Henríquez

21.09.1984

## GEOLOGIA ECONOMICA DEL YACIMIENTO DE COBRE LOS SAPOS Y MARCO GEOLOGICO DISTRITAL. COMBARBALA, PROVINCIA DE COQUIMBO

Ricardo Muhr Munchmeyer

Este estudio pretende conocer y evaluar el yacimiento Los Sapos desde el punto de vista

económico-minero e identificar además las distintas formas y controles de la mineralización en el distrito.

En el área inmediatamente al norte y este del pueblo de Combarbalá, en la Cuarta Región, Provincia de Coquimbo, aflora una secuencia volcánica y volcano-clástica continental de edad Cretácica, que corresponde a parte de las formaciones Quebrada Marquesa y Viñita, definidas más al norte. Dicha secuencia se dispone con rumbo aproximado N/S e inclinaciones entre 5° y 20° al este.

En la parte media superior de la serie estratificada se intercalan dos horizontes delgados de tobas y areniscas alteradas, dentro de los cuales existe mineralización de cobre estratiforme. En el horizonte superior, se encuentra el yacimiento de cobre Los Sapos. Las rocas intrusivas están representadas por granodiorita y pórfido diorítico los cuales aparecen como stocks en los extremos del área, además de numerosos filones andesíticos.

Fuera del cobre estratiforme relacionado con los horizontes volcánico clástico mencionados, en el distrito, la mineralización está restringida a vetas angostas de cuarzo y baritina de rumbos preferenciales N/S cuya mineralización son sulfuros de cobre que a veces contienen concentraciones variables de plata. Dichas vetas coinciden con el sistema preferencial de fallas en el área.

El yacimiento Los Sapos es un cuerpo mineralizado estratiforme en cuya formación participaron probablemente soluciones hidrotermales de moderada a baja temperatura, las cuales pudieron haber tenido su origen en soluciones ascendentes generadas por condiciones de sepultamiento de la unidad huésped, aunque existen en el área evidencias de intrusivos cercanos con actividad tardimagmática acentuada.

La mineralización consiste en pirita, calcopirita, calcosina, bornita y escasa covelina; la cual se presente principalmente diseminada y maciza, aunque son comunes bandas y guías. Existe una clara zonación horizontal de sulfuros, donde pirita y calcopirita son el borde externo y calcopirita, calcosina y bornita el núcleo interno. Dicha zonación se interpreta como causada por el enfriamiento gradual y cambio composicional de la solución original a medida que cristalizan los minerales.

En base a 76 muestras analizadas por cobre soluble, cobre insoluble y plata se han cubicado 13.894 Tm de mineral probable con una ley media de 3.2°/o de cobre y 6.3 gramos de plata, y 10.261 Tm. de mineral posible, con una ley media de 2.6°/o de cobre y 7.3 gramos/t de plata. Esta cubicación arroja un total de mineral entre probable y posible de 24.255 Tm con una ley media de 2.9°/o de cobre y 6.8 gramos de plata.

Las respectivas del yacimiento son moderadamente optimistas, dependiendo del desarrollo de nuevos programas de exploración que se han recomendado para ejecutar en la mina Los Sapos.

Profesor Guía: Sr. Federico Peebles

21.12.1984

## **GEOLOGIA DEL CUADRANGULO CERRO SOCORA Y CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA GEOTERMAL DE PUCHULDIZA**

**Renán Argandoña Ramos**

Este estudio consiste en el levantamiento geológico a escala 1:50.000 del Cuadrángulo

Cerro Socora y tiene por objeto analizar las características estratigráficas-estructurales y la alteración hidrotermal de una zona mayor: el área geotermal de Puchuldiza, parte de la cual se encuentra dentro del cuadrángulo.

La secuencia de rocas reconocidas permite diferenciar las siguientes unidades estratigráficas, todas formadas en ambientes continental (en orden de superposición): Centros Volcánicos (plioceno-Pleistoceno), compuestos por cuatro estratovolcanes de composición intermedia; Ignimbrita Putoyane (Mioceno Superior), formada por rocas piroclásticas silíceas, ignimbrita Guallane (límite Mioceno Medio-Superior), constituida por rocas piroclásticas silíceas; Formación Lupe (Mioceno Medio-Superior), formada por rocas sedimentarias clásticas; Formación Puchuldiza (Mioceno Medio), compuesta por andesitas y rocas sedimentarias clásticas; Estratos de Quitariiri (Mioceno Inferior-Medio), representados por tobas soldadas silíceas y rocas sedimentarias clásticas; Formación Cerro Empexa (Cretácico), formada por andesitas, rocas piroclásticas y roca sedimentarias clásticas. Se distinguen, además, tres tipos de cuerpos intrusivos asociados a distintos niveles de la secuencia estratigráfica que han sido denominados: Plutón Granodiorítico, Stocks de Pórfidos Andesíticos y Filones Andesíticos.

Los rasgos estructurales principales los constituyen: la discordancia angular que separa a los Estratos de Quitariiri de la infrayacente Formación Cerro Empexa y la discordancia angular que separa a la Formación Lupe y unidades más jóvenes de la infrayacente Formación Puchuldiza; dos sistemas de fallas, uno de dirección NW-SW, probablemente inverso y otro de dirección NNE-SSW, de carácter normal. Estos rasgos serían el resultado de las fases diastróficas compresivas Subhercínica y/o Fase Larámica, Fase Quechua y Fase distensiva Geográfica (Pleistoceno), respectivamente.

La secuencia de rocas reconocidas, los antecedentes geológicos de la zona de Puchuldiza y la información de subsuperficie de un sondaje profundo en un sector intermedio, han permitido analizar las características estratigráficas estructurales en el área geotermal de Puchuldiza y establecer la distribución de cada unidad y las estructuras que las afectan.

Los recursos de posible interés económico están representados por: cuerpos de brechas de turmalina, depósitos de azufre y áreas de alteración asociadas a actividad solfatárica póstuma, y, por la actividad geotermal.

La alteración hidrotermal subsuperficial ocasionada por el sistema geotérmico está caracterizada por la presencia de cuatro zonas con asociaciones mineralógicas secundarias propias: Zona A, *crystalita-tridimita-montmorillonita*; Zona B, *Cuarzo-montmorillonita*; Zona C, *clorita-cuarzo* y Zona D, *zeolitas (?) -cuarzo*; determinándose que a mayor profundidad coexisten minerales de mayor temperatura. Las asociaciones secundarias detectadas provienen de la interacción de aguas neutras a débilmente ácidas, como las conocidas en el sistema, a excepción de la que existiría en la zona D, explicada mejor por la acción de aguas neutras a débilmente alcalinas.

Se ha determinado además, que en la alteración hidrotermal juega un importante rol la permeabilidad de las rocas y la temperatura de los fluidos.

Profesor Guía: Sr Alfredo Lahsen

21.12.1984

## PROSPECCION Y EVALUACION PRELIMINAR DE MINERALES PESADOS EN DEPOSITOS LITORALES DEL NORTE DE CHILE (18° - 32° DE L.S.)

Pedro Ilabaca Ugarte

Se presenta el resultado de un reconocimiento geológico y evaluación preliminar de los depósitos de arena de la zona litoral de Chile comprendida entre las latitudes 18°18' y 32°20' sur.

Los antecedentes físicos, geográficos y morfológicos más relevantes y el resultado de análisis químicos por los elementos oro, cobre, níquel, cromo, hierro, titanio y molibdeno, de a lo menos una muestra representativa de cada depósito cuyo volumen de arena se consideró de interés, fueron utilizados en la confección de un Catastro de Playas y Dunas.

Incluye al estudio sistemático de 13 depósitos considerados más interesantes, su descripción morfológica, sedimentológica y estudios microscópicos de las fracciones de alto peso específico de la malla 230, en 279 muestras representativas.

Los depósitos investigados muestran asociaciones minerales comunes de origen ígneo y metamórfico, que en zonas áridas provienen de la erosión costera, con proporciones poco abundantes de especie de alto peso específico. En este sentido, se ha establecido mediante concentraciones mecánicas, porcentajes de minerales pesados no superiores a 4<sup>o</sup>/o y, con los estudios microscópicos a partir de la malla 230, porcentajes de minerales pesados no superiores a 10<sup>o</sup>/o, lo cual puede ser calificado, si se compara con depósitos en explotación en Australia, Sudáfrica o Estados Unidos, de abundancia más baja a moderada.

Los minerales titaníferos se presentan en forma de rutilo, ilmenita, titanio-magnetita y variedades de magnetita, limonita y hermatita titanífera. El rutilo constituye la principal variedad mineralógica de titanio que, junto a minerales del tipo zircón y monacita, fijan el interés de un determinado depósito mineral.

La abundancia de titanio y zircón en general puede ser calificada de baja para los depósitos Chilenos, permitiendo destacar entre ellos a los siguientes: Arica Norte, Huasco y Arica Sur, con volúmenes de arena no siempre muy atractivos. Sin embargo, siendo ésta una prospección preliminar, corresponderá a los estudios de prefactibilidad determinar si estos depósitos minerales pueden o no ser rentables en su explotación y beneficio.

Profesor Guía: Sr. Juan Varela

28.12.1984

## GEOLOGIA Y PERSPECTIVAS ECONOMICAS DEL AREA COMPRENDIDA ENTRE LOS RIOS ROCIN E HIDALGO, RPOVINIA DE SAN FELIPE DE ACONCAGUA

Luis Arias Espinoza

La zona estudiada se ubica a unos 50 km al NE de San Felipe, abarcando un área aproximada de 100 km cuadrados. En ella se ha reconocido una secuencia volcanoestratigráfica compuesta por tres miembros: inferior (andesítico, 400 m espesor mínimo), medio (riolítico, 1000 m) y superior (andesítico brechoso, 500 m). Estos afloramientos

tos han sido correlacionados con la Formación Farellones (Mioceno), siendo su base rocas atribuidas a la Formación Abanico (Cretácico Superior-Paleógeno) y su techo el actual nivel de erosión.

Las rocas intrusivas de la zona son de tipo plutónico, hipabisal y subvolcánico. Un cuerpo tipo filón manto, andesítico-basáltico y cuya datación es de  $12,3 \pm 0.4$  m.a., intruye al miembro superior de la secuencia estratigráfica.

En función del carácter intermedio y subalcalino-calcoalcalino de las muestras, se establece que las rocas del área son similares a las de volcanismo cenozoico y que la región forma parte de un margen continental sobre zonas de subducción.

Las direcciones principales y secundarias de los ríos Rocín e Hidalgo evidenciarían que la zona integra el sistema de la Falla Pocuro. La actitud generalizada de la estratificación es de tipo homoclinal, variando desde capas subhorizontales a inclinaciones moderadas al SW, de techo a base.

La región se ubica en una amplia franja regional N-S de importantes depósitos cupríferos. La unidad intrusiva principal (plutónica) se presenta como un núcleo mineralizado con pirita y calcopirita finamente diseminadas. Importantes anomalías de molibdeno se detectan en análisis químicos. La zonación principal de alteraciones hidrotermales corresponden a un modelo clásico de yacimientos tipo pórfido cuprífero (potásica, fílica, argílica y propilítica).

Profesor Guía: Sr. Reynaldo Charrier

31.12.1984

**GEOLOGIA Y PETROLOGIA DE LAS ROCAS IGNEAS E INCLUSIONES  
ULTRAMAFICAS DEL SECTOR SW DE MESETA LAS VIZCACHAS,  
ULTIMA ESPERANZA, MAGALLANES, XII REGION, CHILE**

Jorge Muñoz Bravo  
Grado Magister

En el sector de Meseta Las Vizcachas rocas sedimentarias depositadas en la cuenca sedimentaria de Magallanes y rocas ígneas representativas de los basaltos de la Patagonia extra andina.

La secuencia litoestratigráfica reconocida incluye, desde abajo hacia arriba, las siguientes unidades: a. Formación Tres Pasos y Formación Dorotea, sedimentarias de origen marino del Campaniano-Maestrichtiano; b. Formación Río Bandurrias, sedimentaria de origen marino del Oligoceno-Mioceno, con discordancia de erosión sobre las unidades anteriores y con transición a rocas sedimentarias de origen continental, Formación Las Flores, asignadas tentativamente al Mioceno Superior; c. Meseta Las Vizcachas, basaltos alcalinos, brechas basálticas y estratos sedimentarios de origen glacial y fluvial del Plioceno Superior-Pleistoceno; d. Basalto Post-Meseta, basalto toleíticos y cuellos volcanicos relacionado del Pleistoceno Superior. Las unidades predominantes volcánicas sobreyacen con discordancia angular y de erosión a las unidades sedimentarias. .

Las rocas intrusivas corresponden a un "stock" y un filón manto del Plioceno, constituido por monzodiorita, monzogabro y gabro con facies de composición subalcalinas y alcalinas más diferenciadas; y a "stocks", filones mantos y diques del Pleistoceno Superior, constituidos por basaltos alcalino y basalto alcalino de olivino, que por sus características geoquímicas representarían un magma no diferenciado. Los basaltos toleíticos Post-Meseta pueden representar facies más diferenciadas del magma parental que generó los intrusivos basálticos alcalinos.

La presencia de lherzolita y harzburgita de espinela como inclusiones en un filón manto de basalto alcalino, sugiere, para estos intrusivos, un origen en el manto superior a partir de fusión parcial de peridotita sin granate. Las inclusiones son fragmentos residuales de fusión parcial de peridotita de espinela y fragmentos de peridotita de espinela no afectados por fusión parcial, e incorporados al magma basáltico durante su ascenso a través del manto superior. De acuerdo a las condiciones de presión y temperatura de equilibrio de las fases minerales presentes, se puede estimar una profundidad de origen entre 40 y 60 km para las inclusiones ultramáficas.

En el contexto geotécnico regional, la asociación de rocas alcalinas y toleíticas en los basaltos más occidentales de la Patagonia extra-andina, como en Mesetas Las Vizcachas y Meseta Buenos Aires, parece estar relacionada con su posición inmediatamente al este de un arco volcánico calco-alcalino, y a una menor profundidad de origen con respecto a los basaltos más orientales de la Patagonia extra-andina, que se ubican alejados del arco volcánico y constituyen una asociación netamente alcalina.

Profesor Guía: Sr. Mario Vergara M.

15.05.1981

GEOLOGIA DEL SECTOR NORTE DE LA HOJA GUALLECO ENTRE LOS 35°00' Y 35°10' LATITUD SUR, PROVINCIA DE TALCA, VII REGION, CHILE

Rodrigo Morel Guzmán  
Grado Magister

En el sector norte de la hoja Gualleco se reconoció una cobertura estratificada, constituida por secuencias sedimentarias marinas detríticas y volcánicas, que abarcan un período Triásico Superior Jurásico Medio, Superior(?), intruida por pequeños stocks, diques y filones-manto de composición básica a intermedia. El zócalo está compuesto por rocas graníticas y metamórficas de edad paleozoica a triásica inferior(?), media(?).

Las unidades litoestratigráficas que componen la cobertura en el área son (en orden de superposición):

FORMACION ALTO DE HUALMAPU (aquí propuesta, Jurásico Medio-Superior(?)), Marina-continental. Brechas volcánicas, lavas andesíticas, dacíticas y tobas brechosas, con intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso de ambiente litoral a terrestre. Espesor mínimo de 2.280 m.

Discordancia de erosión

FORMACION RINCON DE NUÑEZ (enmendada, Jurásico Inferior). Marina constituida principalmente por rocas sedimentarias detríticas de ambiente circalitoral a litoral. Hacia el techo posee intercalaciones de lavas andesíticas, tobas y brechas volcánicas. Espesor promedio de 1.950 m.

Pseudoconcordancia (leve discordancia angular y de erosión).

FORMACION ESTERO LA HIGUERA (Triásico Superior). Marina, constituida por rocas sedimentarias detríticas de ambiente epi-batial a infralitoral. Espesor mínimo de 700 m.

La cobertura estratificada presenta, localmente, una estructura homoclinal de rumbo noreste e inclinaciones al sureste. Esta estructura homoclinal se halla truncada en el sector oeste del área por la falla El Guido, un accidente normal regional que niveló rocas graníticas de zócalo con rocas estratificadas triásicas y jurásicas de la cobertura.

La evolución tectónica y peleoogeográfica de la región contempla la formación de una cuenca de sedimentación marina abierta al sur-suroeste durante el Triásico Superior, con una transgresión de sentido sur a norte. En esta cuenca se reconocen dos subcuencas o dominios de sedimentación: Vichuquén-Tilicura y Hualañé-Curepto.

En la región se ha detectado la existencia de una fase de deformación en el límite Triásico-Superior, la que produce un alzamiento del zócalo que originó el cierre de la subcuenca Hualañé-Curepto por el oeste. Durante el Lías se verifica una continua regresión en sentido norte-sur en la subcuenca Hualañé-Curepto, controlada por un alzamiento progresivo del bloque de rocas graníticas ubicado al norte de Hualañé. En el margen oriental de esta subcuenca se instala, durante el Lías superior, un arco volcánico con características químicas calcoalcalinas, el cual se desarrolla mayormente en el área estudiada durante el Jurásico Medio-Superior(?).

En el marco de la tectónica de placas, la región presenta durante el jurásico características geológicas típicas de un margen continental activo, es decir, un arco volcánico continental y una cuenca marina ante-arco desarrollada sobre corteza continental.

Profesor Guía: Sr. Ricardo Thiele C.

06.11.1981

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGIA Y PETROLOGIA DEL  
VOLCANISMO PLIOCENO - CUATERNARIO DE LA CORDILLERA  
CENTRAL DE COSTA RICA

Sergio Paniagua Pérez

Grado Magister

La zona de estudio se encuentra localizada en la región central de Costa Rica en América Central (Lat.:  $9^{\circ}55'$  y  $10^{\circ}24'N$ ; Long.:  $84^{\circ}22'$  y  $83^{\circ}35'W$ ). En ella se distinguen las siguientes unidades geológicas.

- a) Formación Aguacate, basaltos alcalinos de olivino (Plioceno Superior).
- b) Formación Couma, andesitas y andesitas basálticas normalmente aféricas (Pleistoceno Inferior).
- c) Formación Atenas de ignimbritas andesíticas y dacíticas (Pleistoceno Inferior Superior).
- d) Estrato-Volcanes, conformados por cuatro centros volcánicos de la Cordillera Central de Costa Rica (Poás, Barba, Irazú y Turrialba) con petrografía y quimismo similar; los tipos litológicos son andesitas basálticas, andesitas piroxénicas y basaltos. Representan el volcanismo más joven del área (Pleistoceno Inferior a Reciente).

Por sus características petrográficas y composición en elementos mayores las lavas analizadas pueden dividirse en dos grupos: uno rico en K, constituido por andesitas basálticas y andesitas y otros con contenido normal de K formado por basaltos, andesitas basálticas y andesitas. Los elementos en trazas permiten considerar a las rocas básicas de la Cordillera Central como calco-alcalinas y a las de Complejo de Nicoya como típicas de piso oceánico. Sobre la base de los diagramas petroquímicos los basaltos de la formación Aguacate presentan una evolución independiente de la que presentan la serie de rocas volcánicas cuaternarias de la Depresión Central, aún cuando los valores isotópicos de Sr sugieren que todos tienen un origen profundo y típico de regiones carentes de corteza sílica.

Los estudios petrogenéticos utilizando diagramas SB indican que las rocas volcánicas de la Cordillera Central derivan de magmas de composición similar que posteriormente experimentaron procesos de cristalización fraccionada que involucran fundamentalmente plagioclasa y clinopiroxeno. La abundancia de los elementos en traza Ni y Co evidencian, además, el fraccionamiento del olivino. Se deduce asimismo, que los grados de fusión parcial del manto son más grandes en la serie de los volcanes Barba y Poás que en el Turrialba.

Profesor Guía Sr. Mario Vergara

05.06.1984

# ESTUDIO GEOLOGICO DEL CURSO SUPERIOR DEL RIO BAKER, AYSÉN, CHILE

Katsuhito Yoshida Matsuda  
Grado de Doctor

La constitución geológica de la región continental de Aysén entre 47°05' y 47°42' latitud S y 72°28' y 73°15' longitud W (curso superior del río Baker) se caracteriza por la presencia de: cuatro unidades litoestratigráficas, cinco cuerpos granitoides mayores y numerosos cuerpos intrusivos filonianos, de edades comprendidas entre el Paleozoico y el Cenozoico inferior.

**BASAMENTO METAMORFICO** (Paleozoico Superior): constituido por una secuencia rítmica de metaturbiditas y pelitas de bajo grado de metamorfismo, rocas metamórficas térmicas con facies hasta anfibolita de epidota, rocas cataclásticas y lentes de mármol, afectado por cuatro fases de deformación; *formación Ibañez* (Jurásico Medio a Superior): volcánica continental, compuesta por una alternancia de coladas andesíticas y depósitos piroclásticos riolíticos y dacíticos de carácter subcalalino, apoyada discordantemente sobre el basamento; *formación Coyhaique* (Jurásico Superior-Cretácico Inferior): sedimentaria, fosilífera, marina, probablemente concordante sobre la anterior y con transición gradual a la formación Divisadero; *formación Divisadero* (post Cretácico-pre Cuaternario): volcánica continental, compuesta por tobas líticas ácidas y escasas coladas andesíticas.

**BATOLITO PATAGONICO** (Cretácico): Intruyó en niveles epizonales el Basamento metamórfico, desarrollando una aureola de metamorfismo de contacto; presenta dos ciclos y seis fases de emplazamiento que se habrían formado a partir de un magma común de carácter calco-alcalino, bajo condiciones de P baja y T<sup>o</sup> relativamente baja y de equilibrio de tipo subsolyus.

Los STOCKS son cuerpos epizonales de carácter calco-alcalino intruidos en el Cretácico a lo largo de fisuras alargadas o fallas regionales.

Los CUERPOS INTRUSIVOS FILONIANOS (Paleozoico Superior a Cenozoico): compuestos por rocas ácidas y básicas, fueron emplazados a lo largo de zonas de debilidad y están expuestos en todos los terrenos.

La geomorfología del área es producto de un modelado glacial, fluvial y lacustre. Se reconocieron ligeras y escasas manifestaciones metálicas que se han generado por acción hidrotermal y de magmatismo tardío, relacionadas con actividades tectónicas, plutónicas y filonianas, en el lapso Mesozoico y Cenozoico. Los recursos no metálicos corresponden a lentes de mármol incluidos en el basamento.

Exámen Tesis Doctorado.

Profesor Guía: Sr. Reynaldo Charrier

1981